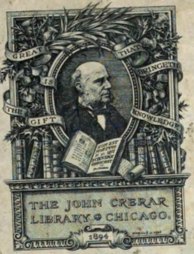
Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Handbuch des
Eisenbahnmaschinenwesens.

Unter Mitwirkung von

Julius Alexander, Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion, Stendal; **G. Bode,** Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion 4, Berlin; **V. G. Bosshardt,** Inspektor der k. k. Österreichischen Staatsbahnen, Wien; **J. Brotan,** Inspektor und Werkstättenvorstand der k. k. Österreichischen Staatsbahnen, Gmünd; **O. Busse,** Direktor der Maschinenabteilung in der Generaldirektion der Kgl. Dänischen Staatsbahnen, Kopenhagen; **Emil Cimonetti,** k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Georg Dinglinger,** Kgl. Eisenbahnbauinspektor a. D., Berlin; **Emil Fränkel,** Kgl. Regierungs- und Baurat, Dezernent im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **Robert Garbe,** Kgl. Preuß. Geh. Baurat, Mitglied des Kgl. Eisenbahnzentralamtes, Berlin; **Roman Freiherr von Gostkowski,** Professor an der k. k. Techn. Hochschule, Lemberg; **C. Guillery,** Kgl. Baurat, München; **Gustav Hammer,** Regierungsbaumeister im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **Friedrich Ibbach,** dipl. Ingenieur, Eisenbahnassessor der Kgl. Bayerischen Staatseisenbahnen, München; **J. Jahn,** Professor an der Kgl. Techn. Hochschule, Danzig; **Paul Janzon,** Oberingenieur der Berliner Werkzeugmaschinenfabrik A.-G. vormals L. Sentker, Berlin; **Hermann von Littrow,** Oberinspektor der k. k. Österreichischen Staatsbahnen, Triest; **E. Metzeltin,** Kgl. Regierungsbaumeister a. D., Hannover; **Dr.-Ing. M. Oder,** Professor an der Kgl. Techn. Hochschule, Danzig; **Richard Petersen,** Oberingenieur der Continentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Berlin; **Adolf Prasch,** k. k. Regierungsrat, Wien; **M. Richter,** Oberingenieur, Hannover; **Joh. Rihosek,** k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Heinrich Ruthemeyer,** Regierungsbaumeister im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **Dr. R. Sanzin,** Privatdozent, Ingenieur der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft, Wien; **F. X. Saurau,** k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Chr. Ph. Schäfer,** Geh. Baurat der Kgl. Eisenbahndirektion, Hannover; **W. Stahl,** Oberbaurat der Großherzogl. Badischen Staatsbahnen, Karlsruhe; **Ernst Weddigen,** Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion, Breslau; **J. Wittenberg,** Oberinspektor der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft, Budapest; **E. C. Zehme,** Privatdozent an der Kgl. Techn. Hochschule, Berlin,

herausgegeben von

Ludwig Ritter von Stockert,
Professor an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

I. Band.

Fahrbetriebsmittel.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1908.

Digitized by Google

Das „**Handbuch des Eisenbahnmaschinenwesens**", herausgegeben von L. R. v. Stockert, zerfällt in drei, einzeln käufliche Bände. Die folgende Zusammenfassung bietet einen Überblick über den Inhalt der drei Bände. Ausführlichere Angaben findet man auf den Anzeigenseiten am Schlusse dieses Bandes.

I. Band. **Fahrbetriebsmittel.**

834 Seiten. Mit 650 Textabbildungen. Preis M. 32.—, in Leinwand geb. M. 34.—.

Einteilung der Lokomotiven. — Einteilung der Wagen. — Die Herstellung der Lokomotiven. — Die Herstellung der Wagen. — Verbundlokomotiven. — Heißdampflokomotiven. — Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen. — Motorwagen und leichte Lokomotiven. — Neuere Lokomotivsteuerungen. — Selbsttätige Mittelkuppelungen. — Eisenbahnbremsen (Allgemeiner Teil). — Luftdruck- und Luftsaugebremsen. — Die Zugbeleuchtung. — Heizung und Lüftung der Wagen.

II. Band. **Zugförderung.**

856 Seiten. Mit 591 Textabbildungen. Preis M. 32.—, in Leinwand geb. M. 34.—.

Leistungsfähigkeit der Lokomotiven. Zugwiderstände. — Fahrordnung der Züge. — Heizhausanlagen. — Heizhausdienst. — Berechnung der Zugförderungskosten für Dampf- und Elektrolokomotiven. — Wasserspeisung. — Kohle und Bekohlungsanlagen. — Rauch- und Funkenverhütung. — Zugförderung auf Steilrampen. — Zugförderung auf gleisloser Straße. — Stadtbahnbetrieb. — Verschubdienst.

III. Band. **Werkstätten.**

441 Seiten. Mit 471 Textabbildungen und 6 lithographierten Tafeln.
Preis M. 16.—, in Leinwand geb. M. 18.—.

Werkstättenanlagen. — Die Unterhaltung der Eisenbahnbetriebsmittel. — Neuere Werkstätteneinrichtungen. — Werkstättenrechnung. — Schäden an Lokomotivkesseln, deren Ursachen und Behebung. — Materialprüfung. — Prüfung der Lokomotiven. — Anlagen für die Reinigung der Wagen. — Eisenbahnrettungswesen.

Ausführliche Prospekte über das Gesamtwerk stehen gern zur Verfügung.

Berlin.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer.

Digitized by Google

Digitized by Google

Handbuch des
Eisenbahnmaschinenwesens.

Unter Mitwirkung von

Julius Alexander, Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion, Stendal; **G. Bode**, Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion 4, Berlin; **V. G. Bosshardt**, Inspektor der k. k. Österreichischen Staatsbahnen, Wien; **J. Brotan**, Inspektor und Werkstättenvorstand der k. k. Österreichischen Staatsbahnen, Gmünd; **O. Busse**, Direktor der Maschinenabteilung in der Generaldirektion der Kgl. Dänischen Staatsbahnen, Kopenhagen; **Emil Cimonetti**, k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Georg Dinglinger**, Kgl. Eisenbahnbauinspektor a. D., Berlin; **Emil Fränkel**, Kgl. Regierungs- und Baurat, Dezernent im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **Robert Garbe**, Kgl. Preuß. Geh. Baurat, Mitglied des Kgl. Eisenbahnzentralamtes, Berlin; **Roman Freiherr von Gostkowski**, Professor an der k. k. Techn. Hochschule, Lemberg; **C. Guillery**, Kgl. Baurat, München; **Gustav Hammer**, Regierungsbaumeister im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **Friedrich Ibbach**, dipl. Ingenieur, Eisenbahnassessor der Kgl. Bayerischen Staatseisenbahnen, München; **J. Jahn**, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule, Danzig; **Paul Janzon**, Oberingenieur der Berliner Werkzeugmaschinenfabrik A.-G. vormals L. Sentker, Berlin; **Hermann von Littrow**, Oberinspektor der k. k. Österreichischen Staatsbahnen, Triest; **E. Metzeltin**, Kgl. Regierungsbaumeister a. D., Hannover; Dr.-Ing. **M. Oder**, Professor an der Kgl. Techn. Hochschule, Danzig; **Richard Petersen**, Oberingenieur der Continentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Berlin; **Adolf Prasch**, k. k. Regierungsrat, Wien; **M. Richter**, Oberingenieur, Hannover; **Joh. Rihosek**, k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Heinrich Ruthemeyer**, Regierungsbaumeister im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **Dr. R. Sanzin**, Privatdozent, Ingenieur der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft, Wien; **F. X. Saurau**, k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Chr. Ph. Schäfer**, Geh. Baurat der Kgl. Eisenbahndirektion, Hannover; **W. Stahl**, Oberbaurat der Großherzogl. Badischen Staatsbahnen, Karlsruhe; **Ernst Weddigen**, Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion, Breslau; **J. Wittenberg**, Oberinspektor der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft, Budapest; **E. C. Zehme**, Privatdozent an der Kgl. Techn. Hochschule, Berlin,

herausgegeben von

Ludwig Ritter von Stockert,

Professor an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

I. Band

Fahrbetriebsmittel.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1908.

Digitized by Google

THE JOHN CRERAR LIBRARY

Fahrbetriebsmittel.

Unter Mitwirkung von

Emil Cimonetti, k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Georg Dinglinger,** Kgl. Eisenbahnbauinspektor a. D., Berlin; **Robert Garbe,** Kgl. Preuß. Geh. Baurat, Mitglied des Kgl. Eisenbahnzentralamtes, Berlin; **Roman Freiherr von Gostkowski,** Professor an der k. k. Techn. Hochschule, Lemberg; **C. Guillery,** Kgl. Baurat, München; **Gustav Hammer,** Regierungsbaumeister im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin; **J. Jahn,** Professor an der Kgl. Techn. Hochschule, Danzig; **E. Metzeltin,** Kgl. Regierungsbaumeister a. D., Hannover; **Adolf Prasch,** k. k. Regierungsrat, Wien; **Joh. Rihosek,** k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien; **Ernst Weddigen,** Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion, Breslau; **E. C. Zehme,** Privatdozent an der Kgl. Techn. Hochschule, Berlin,

herausgegeben von

Ludwig Ritter von Stockert,
Professor an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

Mit 650 Textabbildungen.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1908.

Digitized by Google

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Digitized by Google

Vorwort.

Dem Eisenbahnmaschinenwesen ist an der natürlichen Steigerung des örtlichen, des zwischenstaatlichen und des Weltverkehrs der hervorragendste Anteil zugefallen.

Deshalb zeigt diese jüngste der eisenbahntechnischen Wissenschaften, der sich die Pforten der Technischen Hochschulen nur zögernd und noch nicht allerorten geöffnet haben, das ausgebildeteste Wachstum. Durch die Erweiterung des altbekannten Stoffes, durch die höchstgesteigerte Ausbildung der in Verwendung stehenden Verkehrsmittel, durch das Entstehen völlig neuer Verkehrsformen hat sich dieses Wissensgebiet gewaltig gedehnt. Seine Anwendung nimmt auf die Sicherheit und auf die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebs den wesentlichsten Einfluß.

Ein Stillstand in dieser Entwicklung ist nicht denkbar, aber die Erscheinungen wechseln und altern hier rascher als anderswo. Während für den Bahnbau seit einem halben Jahrhundert die Höhen der Ingenieurkunst erklommen sind und Verbesserung und Vervollkommnung seither nur allmählich dazutreten, bringt für das Maschinenwesen beinahe jedes Jahrzehnt völlig Neues.

Unendlich schwierig, bei so sprunghafter Entwicklung eines ausgedehnten Gebietes den Augenblickszustand festzuhalten, ein vergebliches Bemühen, das *gesamte* hierhergehörige Material in wohlgegliederte feste Formen fügen zu wollen!

Und dennoch sei es mit vereinten Kräften wieder einmal versucht, den umfangreichen Stoff zu bewältigen, damit den unabsehbaren, immer wachsenden Reihen der Betriebstechniker die Vertrautheit mit den Fortschritten des Eisenbahnmaschinenwesens erleichtert, damit die Erfahrungen hervorragender Fachmänner in den verschiedenen Zweigen dieses Dienstes verbreitet und allerorten zu neuer Entwickelung und Verbesserung Anregung geboten werde.

In dem dargebotenen Werke möge das Bestreben erkennbar sein, im allgemeinen jene Fortschritte in dem *Bau*, in der *Anwendung* und in der *Erhaltung* der Betriebsmittel und der dazu gehörigen Einrichtungen zusammengefaßt festzuhalten, auf Grund deren der neuzeitliche Eisenbahnbetrieb nicht allein einen hohen Grad von *Sicherheit* erlangt hat, sondern auch den gesteigerten Ansprüchen einerseits der *Zweckmäßigkeit* und anderseits der *Wirtschaftlichkeit* am besten zu entsprechen vermag.

250999

Es sollte der Hauptzweck des Werkes sein, möglichst viele wertvolle Erfahrungen aus der Praxis des Eisenbahnbetriebes zum Nutzen aller dem Eisenbahnbetriebe nahestehenden und verwandten Kreise in brauchbarer Form weiter bekannt zu machen.

Es war daher nicht allein tunlichst auf alle neuen Erscheinungen in der Betriebstechnik Rücksicht zu nehmen, die im Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen bekannt geworden sind, sondern auch auf zahlreiche Einrichtungen hinzuweisen, die sich im Ausland bewährt haben.

Den allgemeinen Nutzen eines solchen Unternehmens erkennend, sind zahlreiche hervorragende Fachgenossen der Einladung gefolgt, den einen oder den andern ihnen besonders zusagenden Teil des „Handbuchs" in Bearbeitung zu nehmen und auf diese Weise die Allgemeinheit die Früchte ihrer langjährigen besonderen Erfahrung genießen zu lassen.

Für die uneigennützige Bereitwilligkeit, der in vielen Fällen eine unermüdliche, lange dauernde Tätigkeit gefolgt ist, sei hiermit sämtlichen Herren Mitarbeitern von dem Herausgeber in verbindlichster Form der wärmste Dank abgestattet. Des Dankes teilhaftig sollen auch alle jene öffentlichen Dienststellen und zahlreichen Unternehmungen sein, die in anerkennenswerter Weise fallweise erbetenes Material zur Verfügung gestellt haben.

Die Bearbeiter sind für den Inhalt ihrer Beiträge verantwortlich. Deshalb ist ihre Eigenart in keiner Weise beeinträchtigt, ihr freies Urteil durch keine Rücksicht zurückgehalten. Es ist darauf zurückzuführen, wenn in einzelnen Fällen scheinbare Widersprüche bestehen blieben. Sie sind unvermeidlich, da die Erfahrungen einer Stelle von einer andern nicht oder nicht völlig geteilt werden müssen, jedoch nicht so zahlreich, daß hierdurch ein bleibender Zweifel entstehen oder eine Verminderung in der Verwendbarkeit des gebotenen Stoffes eintreten könnte.

Die Übersichtlichkeit des Ganzen ist durch ein reichgegliedertes Inhaltsverzeichnis gefördert, das jedem einzelnen der drei Bände:

I. Fahrbetriebsmittel,
II. Zugförderung,
III. Werkstätten

vorangestellt ist.

Zahlreiche in den Text gefügte Abbildungen und Zusammenstellungen fördern den Gebrauch, umfangreiche Sach- und Personenverzeichnisse erleichtern die Verwendung des „Handbuchs". Durch das gleichzeitige Erscheinen aller drei Bände des Werkes dürfte seine Verwendbarkeit erhöht sein.

Im Ausdruck ist im allgemeinen jene Bezeichnungsweise beibehalten, die in den „Technischen Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen" angenommen ist. Hierdurch ist allerdings eine Schwierigkeit entstanden.

Der zurzeit mit der Neuauflage dieser Sammlung technischer Bestimmungen betraute Unterausschuß hat im Laufe des Jahres 1908 — da das „Handbuch" bereits teilweise gedruckt war, — beschlossen, das Wort

Digitized by Google

„Buffer" künftig überall durch „Puffer" zu ersetzen. Es war sohin nicht mehr möglich, an allen Stellen des Werkes diese abgeänderte Bezeichnungsweise einzuführen.

Mit der fortschreitenden Erweiterung der Eisenbahnbetriebe hat das Maschinenwesen in vielen Fällen gründliche Veränderung und Umgestaltung erfahren.

Der beabsichtigte Zweck des vorliegenden Werkes wird erreicht sein, wenn damit den weiten Kreisen der Erzeuger, Verbraucher und Verwender des Betriebsmaterials Aufschluß und Aufklärung gebracht, für die weitere Ausbildung der Verkehrsmittel neue Anregung erweckt, wenn für die Herstellung und Verbesserung der betriebstechnischen Einrichtungen gedeihliche Förderung herbeigeführt wird.

Dankbar werden alle auf den Gegenstand bezugnehmenden Äußerungen von Fachgenossen entgegengenommen werden, die eine gelegentliche Verwertung und nutzbringende Verbreitung zulassen.

Wien, September 1908.

Stockert.

Inhaltsverzeichnis.

Einteilung der Lokomotiven. Von Ludwig Ritter von Stockert, Professor an der k. k. Technischen Hochschule, Wien . . . Seite 1
1. Lokomotivbestände . . . 1
2. Verschiedene Gesichtspunkte für die Einteilung . . . 3
3. Grundlagen der Einteilung . . . 4
4. Personenlokomotiven — Güterlokomotiven . . . 5
5. Die größte zulässige Geschwindigkeit . . . 6
6. Zugkraft, zulässiger Achsdruck, Kuppelungsverhältnis . . . 9
7. Verschublokomotiven . . . 11
8. Lokomotiven für Nebenbahnen . . . 12
9. Lokomotiven für Stadt- und Vorortbahnen . . . 12
10. Lokomotiven für Schmalspurbahnen . . . 13
11. Wagenklassen — Lokomotivklassen . . . 13
12. Abgekürzte Bezeichnung . . . 15
13. Tabellen . . . 17
Personenlokomotiven . . . 20
Personen- und Güterlokomotiven . . . 34
Güterlokomotiven . . . 36
Verschublokomotiven . . . 44
Lokomotiven für Stadt- und Vorortbahnen . . . 46
Lokomotiven für Nebenbahnen . . . 48
Lokomotiven für Schmalspurbahnen . . . 50

Einteilung der Wagen. Von Emil Cimonetti, k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien . . . 54
1. Personenwagen . . . 54
a) Abteilwagen, Durchgangswagen . . . 54
b) Achsenzahl, Laufwerk, Radstand . . . 64
c) Bauteile des Untergestells . . . 69
d) Bauteile des Wagenkastens . . . 75
e) Innere Einrichtung . . . 80
f) Beleuchtung, Beheizung und Lüftung der Personenwagen . . . 82
g) Anschriften an den Wagen . . . 82
2. Postwagen und Gepäckwagen . . . 83
3. Güterwagen . . . 89
a) Allgemeines . . . 90
b) Bauteile der Güterwagen . . . 93
c) Gewöhnliche gedeckte Güterwagen . . . 94
d) Gewöhnliche offene Güterwagen . . . 98
e) Spezialgüterwagen . . . 100

Die Herstellung der Lokomotiven. Von J. Jahn, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule, Danzig . . . 114
1. Die Herstellung des Kessels und der Rauchkammer . . . 115
a) Baustoff, Formgebung und Bearbeitung der Bleche . . . 115
b) Die Herstellung der Langkesselschüsse . . . 122
c) Die Bearbeitung der vorderen Rohrwand . . . 126
d) Das Bohren der Rundnähte . . . 129

Digitized by Google

Seite
e) Die Herstellung der Stehkesselmantelbleche 131
f) Die Herstellung des Bodenringes 135
g) Der Aufbau des Stehkesselmantels über dem Bodenring, das Bohren der Löcher für die Deckenstehbolzen, der Bodenringnietlöcher, der Lukenlöcher usw. . 137
h) Das Abschnüren des Kessels und das Bohren der Naht am Kesselmaul . . 140
i) Der Einbau der Versteifungen in den Langkessel, seine Vernietung und der Anbau des Domuntersatzes 143
j) Die Herstellung des Domoberteiles 145
k) Die Herstellung der Feuerkiste 146
l) Das Einpassen der Feuerkiste und die Fertigstellung der Bohrlöcher für Stehbolzen und Bodenringniete 148
m) Der Einbau der Seitenwandversteifungen des Stehkessels und die Anbringung der Stehkesselträger 150
n) Die Vernietung von Steh- und Langkessel miteinander 151
o) Die Vernietung der Rohrwand mit dem Langkessel 152
p) Herstellung und Anbau der Rauchkammer 152
q) Kleinere Vollendungsarbeiten und die Herstellung der Versteifung der Stehkesselrück- gegen die Seitenwand 153
r) Das Verstemmen der Nähte und Nietköpfe 155
s) Der Einbau der Feuerkiste 156
t) Die Herstellung und der Einbau der Stehbolzen 158
u) Der Einbau der Stehkesselrückwand 163
v) Kleinere Arbeiten 163
w) Herstellung und Einbau der Heizrohre 163
x) Die Druckprobe 166
y) Die Dampfprobe 167
z) Der Brotankessel 168
2. Die Herstellung des Rahmens und der Zusammenbau 174
a) Baustoff, Formgebung und Bearbeitung der Bleche 174
b) Der Zusammenbau der Bleche zum Rahmengestell 182
c) Das Einpassen des Kessels in das Rahmengestell 187
d) Die Anbringung der Zylinder und die Nacharbeiten an den Achslagerführungen 191
e) Der Anbau der Gleitbahnen und der Gleitbahnträger 195
f) Der Anbau der Ein- und Ausströmungsrohre und des Schornsteins 197
g) Der Anbau kleiner Nebenteile 198
h) Die Aufbringung der Kesselbekleidung und des Führerhauses 199
3. Der Einbau des Triebwerks und der Achsen 200
a) Das Aufpassen der Achslager 200
b) Der Zusammenbau und der Einbau des Krauss-Helmholtzschen Drehgestelles 201
c) Das Niederlassen der Lokomotive auf die Achsen und das Einstellen der Steuerung 205
d) Vollendungsarbeiten 209
4. Die Herstellung der Einzelteile 209
a) Die Dampfzylinder 209
b) Das Triebwerk 212
c) Die Achslagerkasten 215
d) Die Achssätze 219

Die Herstellung der Wagen. Von J. Jahn, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule, Danzig 224
1. Die Herstellung des Untergestelles 224
a) Die Bearbeitung der Profileisen 224
b) Die Zusammensetzung des Untergestelles 227
2. Der Zusammenbau des Wagenkastens der Güterwagen 232
3. Die Herstellung der hölzernen Bauteile für die Wagenkasten der Personen- und Güterwagen 234
a) Baustoff 234
b) Die Behandlung des Holzes bis zur Verarbeitung 234
c) Die Bearbeitung des Holzes 238
4. Der Zusammenbau des Wagenkastens der Personenwagen 246
a) Der Zusammenbau des Kastengerippes 246
b) Das Aufbringen der Blechbekleidung 249

Digitized by Google

Seite

Verbundlokomotiven. Von C. Guillery, Kgl. Baurat, München, und Ludwig Ritter von Stockert, Professor an der k. k. Technischen Hochschule, Wien 251
1. Die Anwendung der Verbundwirkung bei Lokomotiven 251
2. Verbundlokomotiven mit mehr als zwei Zylindern 253
3. Anfahr- und Wechselvorrichtungen 256
a) Zweck solcher Einrichtungen 256
b) Anfahrvorrichtungen 257
α) Anfahreinrichtung von Gölsdorf 257
β) Anfahrvorrichtungen von Lindner, Schäfer und Krauss 259
γ) Selbsttätige Anfahrvorrichtungen nach v. Borries 261
δ) Anfahrvorrichtung von Player 263
ε) Anfahrvorrichtungen der Rhode-Island-Bauanstalt und der Rogers-Lokomotivwerke (Reuben Wells) 263
ζ) Anfahrvorrichtung, Bauart Schichau 263
η) Anfahrvorrichtungen von Brüggemann und Büte 265
ϑ) Anfahrvorrichtung der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. 266
c) Wechselvorrichtungen 266
α) Vor- und Nachteile 266
β) Wechselvorrichtungen mit Dampfsteuerung 268
γ) Wechselvorrichtungen mit Handsteuerung 269
1. Colvinsche Wechselvorrichtung 269
2. v. Borriessche Wechselvorrichtung 269
3. Wechselvorrichtung von Dultz 270
4. Wechselhahn der Hauptwerkstätte Grunewald 270
5. Anfahr- und Wechselvorrichtung der Ungarischen Staatseisenbahnen 270
δ) Anfahr- und Wechselvorrichtungen neuerer Verbundlokomotiven mit vier Zylindern 271
4. Steuerungen der Verbundlokomotiven 274
5. Verbreitung der Verbundlokomotiven 277
6. Verbundlokomotiven mit Überhitzereinrichtung 285
a) Einrichtungen zur Überhitzung des Kesseldampfes 288
α) Gölsdorfs Dampftrockenkammer 288
β) Dampftrockner von Clench 288
γ) Pielock-Überhitzer 289
b) Einrichtungen zur Anwärmung des Verbinderdampfes 293
7. Neuere Ausführungen von Verbundlokomotiven 294
1. $^2/_5$-gek. Doppelverbundschnellokomotive ($\frac{2}{5}$ $P4v$) der Preußischen Staatsbahnen 294
2. $^2/_5$-gek. Doppelverbundschnellokomotive ($\frac{2}{5}$ $P4v$) der Chicago, Rock Island und Pacific-Bahn 296
3. $^3/_5$-gek. Doppelverbundüberhitzerschnellokomotive ($\frac{3}{5}$ $P4vh$) der Französischen Westbahn 297
4. $^3/_6$-gek. Doppelverbundüberhitzerschnellokomotive ($\frac{3}{6}$ $P4vh$) der Badischen Staatsbahnen 298
5. $^3/_4$-gek. Verbundüberhitzergüterlokomotive ($\frac{3}{4}$ $G2vh$) der Österreichischen Staatsbahnen 300
6. $^4/_5$-gek. Doppelverbundüberhitzergüterlokomotive ($\frac{4}{5}$ $G4vh$) der Badischen Staatsbahnen 300
7. Zweifach $^2/_2$-gek. Verbundtenderlokomotive ($2 \times \frac{2}{2}$ $Gt4v$) 302
8. $^3/_5$-gek. Verbundtendernebenbahnlokomotive ($\frac{3}{5}$ $Nt2v$) der Ungarischen Staatseisenbahnen 304

Heißdampflokomotiven. Von Robert Garbe, Kgl. Preuß. Geh. Baurat und Mitglied des Kgl. Eisenbahnzentralamtes, Berlin 305
1. Die Anwendung von hochüberhitztem Dampf im Lokomotivbetriebe 305
2. Eigenschaften und Vorteile des Heißdampfes 305
3. Erzeugung hochüberhitzten Dampfes im Lokomotivkessel 308
4. Der Heißdampf und die Zwillingsmaschine 311
a) Wirkungsweise in den Dampfzylindern 311
b) Kohlen- und Wasserersparnis 315
c) Erhöhung der Leistungsfähigkeit 317

Digitized by Google

Seite
5. Der Heißdampf und die Verbundwirkung . . . 320
a) Niederschlagsverluste in den Zylindern . . . 321
b) Überhitzung des Hochdruckdampfes. Mäßige Überhitzung . . . 321
c) Zwischenüberhitzung . . . 322
d) Nachteile der Verbundlokomotiven . . . 324
6. Vor- und Nachteile der Mehrzylinderlokomotiven . . . 324
7. Überhitzerbauarten . . . 328
a) Rauchröhrenüberhitzer . . . 329
α) Der Flammrohrüberhitzer von Schmidt . . . 329
β) Der Rauchröhrenüberhitzer von Schmidt . . . 329
γ) Der Schenectady-Überhitzer . . . 333
δ) Der Vaughan-Horsey-Überhitzer . . . 334
b) Siederohrüberhitzer . . . 335
α) Der Pielocküberhitzer . . . 335
β) Der Überhitzer von Clench . . . 337
c) Abgasüberhitzer . . . 338
Der Baldwin-Überhitzer . . . 338
8. Maschineneinzelheiten . . . 340
a) Zylinder und Kolben . . . 340
b) Kolbenstangenstopfbüchsen . . . 342
c) Kolbenschieber . . . 343
α) Kolbenschieber mit geschlossenen Ringen, doppelter Einströmung und geheizter Büchse . . . 344
β) Kolbenschieber mit federnden, stufenweise entlasteten Ringen und durch Dampf angedrückten Schieberdeckeln . . . 346
d) Druckausgleichvorrichtung . . . 348
e) Schmierung . . . 349
f) Sonderausrüstung der Heißdampflokomotiven . . . 351
9. Besondere Vorschriften zur Behandlung der Heißdampflokomotiven der Preuß. Staatsbahnen im Betriebe . . . 351
a) Vor Antritt der Fahrt . . . 351
b) Während der Fahrt . . . 352
α) Einstellung von Steuerung und Regler . . . 352
β) Feuerhaltung und Überhitzung . . . 352
c) Nach der Fahrt . . . 353
10. Versuchs- und Betriebsergebnisse . . . 354
a) Kohlen- und Wasserersparnis . . . 354
b) Erhöhte Leistungsfähigkeit . . . 357
c) Beschaffungs- und Unterhaltungskosten . . . 359

Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen. Von E. C. Zehme, Privatdozent an der Kgl. Technischen Hochschule, Berlin . . . 365
1. Einleitung . . . 365
2. Die verschiedenen Bauarten der elektrischen Eisenbahnen . . . 366
3. Berechnung und Entwurf der Wagenmotoren elektrischer Eisenbahnen . . . 367
4. Die Motoren der elektrischen Eisenbahnen . . . 370
a) Gleichstrommotoren . . . 370
b) Wechselstrommotoren . . . 375
α) Drehstrommotoren . . . 375
β) Der Wechselstrom-Reihenschluß-Stromwendermotor . . . 376
γ) Der kompensierte Repulsionsmotor . . . 380
5. Regelungen, Zugsteuerungen . . . 381
a) Wirkungsweise der Motorregelung, gewöhnliche Fahrschalter . . . 381
b) Zugsteuerungen . . . 383
6. Stromabnehmer . . . 398
7. Anordnung der Apparate und Leitungen . . . 403

Motorwagen und leichte Lokomotiven. Von G. Dinglinger, Kgl. Eisenbahnbauinspektor a. D., Berlin, und C. Guillery, Kgl. Baurat, München . . . 404
1. Bestimmung des Begriffs Motorwagen . . . 404
2. Verwendungsbereich . . . 405
3. Das Kraftmittel . . . 406

Seite
4. Bedienungsmannschaft . . . 408
5. Der Kraftbedarf . . . 409
6. Eigenwiderstand der Fahrzeuge . . . 410
7. Die Vorräte . . . 411
8. Allgemeine Anordnung der Motorwagen . . . 411
9. Anordnung der Achsen und des Antriebs . . . 414
10. Einzelheiten der Dampfmotorwagen . . . 427
a) Kessel . . . 427
α) Kleinkessel besonderer Bauart . . . 428
β) Stehende Kessel mit größeren Feuerbüchsen . . . 429
γ) Kessel nach Art von Lokomotivkesseln . . . 430
b) Antriebsmaschinen . . . 432
α) Schnellaufende Kleinmaschinen besonderer Bauart . . . 432
β) Lokomotivartige Maschinen . . . 434
c) Kesselspeisevorrichtungen . . . 435
d) Einrichtungen zur Rostbeschickung . . . 438
e) Besondere Einrichtungen . . . 439
11. Motorwagen mit Verbrennungsmaschinen und mechanischer Kraftübertragung . 440
12. Benzinelektrische Motorwagen . . . 443
13. Motorwagen mit elektrischen Speicherbatterien . . . 450
a) Allgemeines über die Bauart . . . 450
b) Betriebsbedingungen . . . 452
c) Die Betriebsmittel nebst Zubehör . . . 454
d) Die Ladestationen . . . 460
14. Betriebsergebnisse und Wirtschaftlichkeit . . . 461

Neuere Lokomotivsteuerungen. Von E. Metzeltin, Kgl. Regierungsbaumeister a. D., Hannover . . . 465
1. Besondere Ausführungen der üblichen Steuerungen . . . 465
2. Neuere Steuerungen . . . 466
a) Steuerung Bauart Orenstein & Koppel . . . 466
b) Steuerung Bauart Lentz . . . 467
3. Steuerungen der Vierzylinderlokomotiven . . . 470
4. Steuerungen mit beschleunigter Schieberbewegung . . . 474
5. Ventilsteuerung Bauart Lentz . . . 480
6. Einzelteile der Steuerungen . . . 482
a) Gegenkurbeln . . . 482
b) Schwingen . . . 485
c) Schieberstangenführung . . . 486
d) Flachschieber . . . 486
e) Kolbenschieber . . . 487

Selbsttätige Mittelkuppelungen. Von Ernst Weddigen, Kgl. Eisenbahnbau-inspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion, Breslau . . . 492
1. Die selbsttätige Kuppelung in Amerika . . . 493
a) Zustand vor der Einführung . . . 493
b) Vorschläge für selbsttätige Kuppelungen . . . 494
2. Die selbsttätige Kuppelung in Europa . . . 505
a) Stand vor der Einführung . . . 505
b) Vorrichtungen für den Übergang von der Spindel- zur selbsttätigen Kuppelung 507
c) Vorteile der selbsttätigen Kuppelung . . . 526
d) Art und Weise des Überganges . . . 527
e) Allgemeine Beurteilung des Wertes der vorliegenden Bauarten für Übergangskuppelungen . . . 532
f) Vorschläge für Versuchsbetriebe . . . 538

Eisenbahnbremsen. (Allgemeiner Teil.) Von Roman Freiherr von Gostkowski, Professor an der k. k. Techn. Hochschule, Lemberg . . . 541
1. Zweck des Bremsens . . . 541
2. Das Bremsen und die Bremsarbeit . . . 542
3. Grundgesetz des Bremsens . . . 544
4. Die Rollgrenze . . . 548

Digitized by Google

Seite
5. Maß der bremsenden Kraft . . . 549
6. Bremsversuche . . . 550
7. Verzögerung des Bremslaufes an der Rollgrenze . . . 554
8. Schienenreibung an der Rollgrenze . . . 556
9. Die Backenreibung . . . 557
10. Mittlere Größe des Beiwertes der Backenreibung . . . 560
11. Der Klotzdruck . . . 562
12. Der fixe Klotzdruck . . . 565
13. Klotzdruck der Eisenbahnpraxis . . . 566
14. Der zum Vollbremsen erforderliche Klotzdruck . . . 568
15. Das Grundgewicht . . . 570
16. Das Bremsgewicht . . . 572
17. Verschiedenheit der Bremsgewichte eines und desselben Eisenbahnwagens . . . 574
18. Das Rechnen mit Bremsgewichten . . . 575
19. Einwand gegen das Rechnen mit Bremsgewichten . . . 577
20. Hemmende Kraft eines teilweise gebremsten Eisenbahnzuges . . . 578
21. Auslauflänge gebremster Eisenbahnzüge . . . 581
22. Anzahl der Bremsen bei Eisenbahnzügen . . . 584
23. Erweiterung der theoretischen Bremsformel für die Praxis . . . 588
24. Vergleich der Theorie mit den heute gültigen Bremsvorschriften . . . 590
25. Versuch einer Umformung der heute gültigen Bremsformel . . . 593
26. Bremsausmaß für durchgehende Bremsen . . . 597

Luftdruck- und Luftsaugebremsen. Von Johann Rihosek, k. k. Baurat im k. k. Eisenbahnministerium, Wien . . . 600
1. Allgemeines über durchgehende, schnellwirkende Bremsen . . . 600
2. Luftdruckbremsen . . . 607
a) Die Westinghouse-Schnellbremse . . . 607
b) Die Knorr-Schnellbremse . . . 618
c) Andere Luftdruckbremsen . . . 623
3. Luftsaugebremsen . . . 625
a) Die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse, Bauart Hardy-Clayton . . . 625
b) Andere Luftsaugebremsen . . . 639
4. Verbreitung der Luftdruck- und Luftsaugebremsen . . . 640
a) Europa . . . 640
b) Asien . . . 642
c) Afrika . . . 643
d) Amerika . . . 643
e) Australien . . . 643

Die Zugbeleuchtung. Von Adolf Prasch, k. k. Regierungsrat, Wien . . . 644
1. Einleitung . . . 644
2. Die Beleuchtung mit Kerzen, Öl und Petroleum . . . 646
3. Die Beleuchtung mit Gas . . . 651
a) Das Ölgas . . . 651
b) Das Mischgas . . . 660
c) Anlagen für das Ansaugen und Pressen des Öl- bzw. Mischgases . . . 666
d) Die Einrichtung der Wagen . . . 669
e) Das Gasglühlicht . . . 672
f) Das Steinkohlengas . . . 676
g) Das Azetylen . . . 678
4. Die elektrische Beleuchtung . . . 682
a) Die elektrische Beleuchtung mit Akkumulatoren . . . 683
α) Der Akkumulator . . . 683
β) Die verschiedenen Formen der verwendeten positiven Platten . . . 687
γ) Der Einbau der Platten . . . 689
δ) Gesamtbeleuchtung eines Zuges mit Akkumulatoren . . . 694
ε) Einzelwagenbeleuchtung mit Akkumulatoren . . . 700
ζ) Ladestationen . . . 703
b) Die elektrische Beleuchtung mit Elektrizitätserzeugung im Zuge . . . 704
α) Antrieb der Dynamo durch eine Dampfmaschine mit Entnahme des Dampfes vom Lokomotivkessel . . . 704

d by Google

Seite
β) Antrieb der Dynamomaschine durch eine eigene Kraftmaschine 708
γ) Antrieb der Dynamomaschine durch eine Wagenachse 720
5. Anlage- und Betriebskosten der verschiedenen Zugbeleuchtungsarten 753
a) Die Kerzenbeleuchtung 753
b) Die Ölbeleuchtung 753
c) Die Petroleumbeleuchtung 754
d) Die Gasbeleuchtung 754
α) Karburiertes Steinkohlengas 754
β) Reines Ölgas 755
γ) Mischgas 755
δ) Gasglühlicht 756
ε) Gelöstes Azetylen 757
e) Die elektrische Beleuchtung 757
α) Die reine Akkumulatorenbeleuchtung 757
β) Die Beleuchtung mit gesonderter Antriebsmaschine 759
γ) Die Achsbeleuchtung 760
δ) Einfluß der Metallfaden-Glühlampen auf die Kosten der Lichteinheit . . 762
f) Schlußbemerkung 762

Heizung und Lüftung der Wagen. Von Gustav Hammer, Regierungsbaumeister im Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin 763
1. Heizung der Personenwagen 763
a) Heizeinrichtungen für einzelne Abteile 764
α) Heizung mit Wärmflaschen 764
β) Preßkohlenheizung 764
γ) Luftheizung 765
b) Heizeinrichtungen für ganze Wagen 765
α) Ofenheizung 765
β) Luftheizung 766
γ) Gasheizung 768
δ) Warmwasserheizung 768
c) Heizeinrichtungen für ganze Züge 773
α) Dampfheizung 773
1. Einrichtungen auf der Lokomotive 774
2. Einrichtung von Heizkesselwagen 774
3. Leitungen und Kuppelungen 776
4. Die Hochdruckdampfheizung 779
5. Die Niederdruckdampfheizung 780
6. Die vereinigte Hoch- und Niederdruckdampfheizung 781
7. Die Dampfpreßluftheizung 782
8. Die Dampfluftheizung 784
9. Dampfheizung mit Wärmeaufspeicherung 788
β) Elektrische Heizung 789
2. Heizung der Güterwagen 794
Betriebsregeln für die Heizung der Züge 795
3. Lüftung der Eisenbahnwagen 797
a) Die natürliche Lüftung 798
b) Die künstliche Lüftung 800
α) Einrichtungen für das Absaugen der Luft 800
β) Einrichtungen für das Zuführen der Luft 803
γ) Einrichtungen für das Absaugen und Zuführen der Luft 804

Digitized by Google

Einteilung der Lokomotiven.

Von

Ludwig Ritter von Stockert,

Professor an der k. k. Technischen Hochschule, Wien.

1. Lokomotivbestände.

Angepaßt den errechneten Bedürfnissen für den Betrieb einer Eisenbahn, der durch Verkehrsverhältnisse und durch die Bahnanlage bedingt ist, wird das Betriebsmaterial beschafft. Der ursprünglich angenommene Bedarf wird sich ändern mit den Schwankungen des Verkehrs und beeinflußt werden durch wirtschaftliche und vielleicht auch eisenbahnpolitische Verhältnisse. Bei wohlorganisierten Verwaltungen werden die Lokomotiven immer in einer ausreichenden mit der Jahreszeit wechselnden Anzahl und in den dem Beförderungszweck angepaßten Gattungen vorhanden und gebrauchsfähig erhalten sein.

Umfang und Zweck der Beförderung sind demnach zunächst maßgebend für die Bildung und die Erhaltung des Lokomotivbestandes einer Eisenbahn.

Bahnen von bestimmter Eigenart oder solche, die gewissen besonderen Zwecken zu dienen haben, benötigen zumeist nur bestimmtes eigenartiges Zugförderungsmaterial.

Eine Bergbahn mit Zahnrad- oder auch gemischtem (Zahnstangen- und Adhäsions-) Betrieb, eine Minenbahn, gewisse Industriebahnen werden am wirtschaftlichsten mit Zugförderungsmaterial von besonderer Bauart betrieben werden.

Von solchen Einzelfällen abgesehen, verlangt die Vielgestaltigkeit des Eisenbahntransportdienstes auch verschieden gestaltete, der Bahnanlage und dem einzelnen bestimmten Beförderungszweck angepaßte Betriebsmittel, Lokomotiven, die nach ihrer Bauweise in Gruppen zusammengefaßt werden können und in ihrer Gesamtheit eine übersichtliche Zusammenfassung, eine grundsätzliche Einteilung, zulassen.

Die Bauart der Lokomotiven unterscheidet sich nicht wesentlich in den einzelnen Ländern. Ihre Zahl ist verschieden, insbesondere unter Bezugnahme auf die in Verwendung stehenden Betriebslängen und die Verkehrsdichte. Die umstehende Zusammenstellung gibt darüber Aufschluß.

Im Gebiete des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen versehen zurzeit rund 35000 Lokomotiven den Zugförderungsdienst.

Anzahl der Lokomotiven, bezogen auf die Betriebslänge (1905).

In	beträgt die Betriebslänge der Eisenbahnen in km	beträgt die Anzahl der Lokomotiven	entfallen auf 100 km Betriebslänge Lokomotiven
England	36098	22443	62
Deutschland . . .	53819	21690	43
Frankreich	38168	11086	29
Österreich-Ungarn .	37613	8891	24
Vereinigte Staaten von Amerika . .	349000	48350	14

Die Technischen Vereinbarungen[1]) enthalten bisher keinerlei Bestimmungen, um die nach bestimmten Vorschriften erbauten und ausgerüsteten Betriebsmittel in eine gemeinsame Organisation zu zwängen, es sind keine Vereinbarungen darüber getroffen, in welcher grundsätzlichen Weise die Einteilung der Lokomotiven und der Wagen zu erfolgen hätte. Es fehlen auch die einheitlichen Bestimmungen für die Bezeichnung der Betriebsmittel. Wäre eine einheitliche Benennung der Lokomotiven bereits durchgeführt, dann ergäbe sich ihre Einteilung von selbst. Es ist dies nicht der Fall. So kommt es, daß die im Verbande des Deutschen Eisenbahnvereins stehenden 32568 Lokomotiven in den von diesem Vereine zuletzt veröffentlichten „Statistischen Nachrichten" nur ganz allgemein und in etwas anderer Weise eingeteilt erscheinen als die in der „Statistik des Reichseisenbahnamtes" ausgewiesenen Lokomotiven, welche den Bestand der Deutschen Eisenbahnverwaltungen allein bilden.

Auszug aus den „Statistischen Nachrichten von den Eisenbahnen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen" für das Rechnungsjahr 1905.

Benennung	Bestand an Lokomotiven mit 1 Triebachsen	2	3	4	5	zusammen
A. Deutsche Eisenbahnen .	6	8472	11364	1708	140	21690
B. Belg., Niederl. und andere Eisenbahnen .	28	1174	694	91	—	1987
C. Österr.-Ung. Eisenbahnen . .	19	2225	5394	1125	128	8891
im ganzen:	53	11871	17452	2924	268	32568

Und wieder anders ist die Einteilung bei den österreichischen und ungarischen Verwaltungen und Ämtern vorgenommen, wieder anders in Frankreich üblich, in England, in Amerika.

[1]) „Techn. Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebeneisenbahnen" (8. Aufl.) Berlin, 1. Jan. 1897.

Digitized by Google

Die zwischenstaatliche Kommission der Vereinigten Staaten von Amerika hat für das Betriebsjahr 1906 nachstehenden Ausweis über den Lokomotivbestand der Eisenbahnen gebracht,[1]) in welchem — ohne Rücksicht auf den Verwendungszweck — die Einteilung nach dem Verhältnis der gekuppelten und ungekuppelten Achsen vorgenommen ist.[2])

Lokomotivbestand der Amerik. Eisenbahnen im Jahre 1906.

2/4-gek.		2/5-gek.	3/4-gek.	3/5-gek.		3/6-gek.	4/5-gek.	4/6-gek.	
4—4—0	2—4—2	4—4—2	2—6—0	4—6—0	2—6—2	4—6—2	2—8—0	2—8—2	4—8—0
10348	98	1359	5539	9855	698	521	14320	178	581

5/6-gek.	5/7-gek.	2/2-gek.	3/3-gek.	4/4-gek.	5/5-gek.	6/6-gek.	andere	zusammen
2—10—0	2—10—2	0—4—0	0—6—0	0—8—0	0—10—0	0—12—0	Lok.	Lokomotiven
15	140	970	5858	171	19	1	283	50954

2. Verschiedene Gesichtspunkte für die Einteilung.

Man findet zumeist die Teilung in großen Gruppen vorgenommen, welchen die Zahl der gekuppelten Achsen zugrunde liegt, einerlei, ob die da eingeteilten Lokomotiven im Personenförderungs- oder im Frachtendienste Verwendung finden. Oder die Zusammenstellungen weisen Personenlokomotiven und Güterlokomotiven getrennt aus, manchmal sogar noch mit besonderer Unterteilung nach Zahl der gekuppelten Achsen. Selten aber sind die Tenderlokomotiven ebenso gruppenweise[3]) herausgehoben, noch seltener diese nach dem Beförderungszweck unterschieden. Die französische Einteilung erstreckt sich außer auf die Zahl der gekuppelten Achsen, welche gewissermaßen auf die Zugkraft der Lokomotiven schließen läßt, auch auf die Durchmesser der Triebräder, wodurch die Geschwindigkeitsverhältnisse einigermaßen aufgeklärt sind. Manchmal werden aus dem großen Bestande von Betriebslokomotiven auf Hauptbahnen die Lokomotiven für Nebenzwecke abgetrennt ausgewiesen.

Nicht geringe Schwierigkeiten für eine einheitliche Benennung und Einteilung sind darin gelegen, daß außer dem Verwendungszweck auch die Bauart der Bahn und die Betriebsart des Fahrzeugs Unterscheidung verlangt. Einschränkung des großen Verwendungsgebietes, Ausscheidung von Sonderkonstruktionen ist nicht zu umgehen, wenn dem vorgesteckten Ziele einer Einteilung nach bestimmten Grundsätzen näher gekommen werden soll.

Es wird zunächst als Sonderkonstruktion alles das anzusehen und besonders zu behandeln sein, was zum Betriebe andere Anlagen er-

[1]) Railroad Gazette 1908, S. 500.

[2]) Vgl. S. 14.

[3]) Den „Statistischen Nachrichten des V. D. E. V." ist nur zu entnehmen, daß von den im Jahre 1905 ausgewiesenen 32568 Lokomotiven 9876 Tenderlokomotiven gewesen sind.

fordert als die nach gleichen Grundsätzen erbauten Bahnnetze, auf welchen der großzügige internationale Verkehr sich abwickelt, — als die gewöhnlichen Adhäsionsbahnen.

Werden demnach Zahnradbahnen aus der folgenden Betrachtung geschieden, also auch Zahnradlokomotiven, dann vermindert sich der Umfang des Stoffes vielleicht um $^1/_4$ Prozent.

Als besondere Konstruktionen haben aber auch jene Lokomotiven zu gelten, die — allerdings auf normalen Spurwegen — durch Kräfte zu bewegen sind, die nicht im Fahrzeug selbst erzeugt werden. Es sind dies — in wenigen Ausführungen — feuerlose und Druckluftlokomotiven und — in neuerer Zeit zahlreicher — die vielfältigen Konstruktionen, welche den normalen Eisenbahnbetrieb mittels elektrischer Energie vollziehen[1]). Es wird hierdurch vielleicht ein weiteres Prozent der Gesamtzahl aus der Besprechung fallen.

Als Sonderkonstruktionen und nicht als Lokomotiven im eigentlichen Sinne sind auch jene verschiedenartigen Betriebsmittel anzusehen, die — Motorwagen, Triebwagen oder sonstwie benannt — als Kraftfahrzeug mit Beförderungseinrichtung die Übergangsform von der Lokomotive zum Wagen darstellen.[2])

Ihre Gesamtheit kann noch immer als Einzelerscheinungen gegenüber der großen Überzahl der eigentlichen Dampflokomotiven angesehen werden, deren Zweck und Bestimmung nur in der Zugkraft gelegen ist, welche andern Beförderungsmitteln (Wagen aller Art) dienstbar gemacht ist.

Ungeachtet dieser Ausscheidungen bleibt noch immer nicht völlig Vergleichbares zurück. Der Bau der Dampflokomotiven, die auf Reibungsbahnen verwendet werden, erstreckt sich mit vielen gleichartigen Bestimmungen außer auf Normalspurbahnen (1435 mm) auch auf die Breitspurbahnen (z. B. 1524 mm in Rußland, 1680 mm in Spanien), aber auch auf die Schmalspurwege (750, 760, 900, 950, 1000, 1050, 1067 mm), also auf Betriebsmaterial von verschiedener Betriebsart.

Die Ausführung dieser Betriebsmittel unterscheidet sich übrigens — von den Abmessungen abgesehen — nur unwesentlich von den auf Großbahnen vorkommenden einzelnen Gattungen der Lokomotiven.

Unter solcher Rücksichtnahme können schließlich die dampfbetriebenen Reibungslokomotiven aller Art gleicher Beurteilung unterstellt werden, weil sie gewisse Merkmale der Konstruktion aufweisen, welche für ihre Stammesverwandtschaft maßgebend sind und Gruppeneinteilung gestatten.

3. Grundlagen der Einteilung.

Die Grundpfeiler, auf denen die Einteilung der Lokomotiven aufzubauen ist, bilden die zwei hervorstechendsten Eigenschaften eines jeden zugfördernden Kraftfahrzeugs, die von den Abmessungen des Laufwerks und des Mechanismus abhängig und für den Verwendungszweck bestimmend sind, die Geschwindigkeit und die Zugkraft.

---

[1]) vgl. Bd. I, Zehme, Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen.

[2]) vgl. Bd. I, Dinglinger-Guillery, Motorwagen.

Sie ergänzen sich in ihrem Produkte zu dem allgemeinen Vergleichswert der Leistung der Lokomotive[1]):

$$A = Z \cdot v$$

(die Arbeit ist gleich der Kraft mal dem Weg in der Zeiteinheit).

In dieser Gleichung bedeutet Z die Zugkraft, ausgedrückt in kg, als die im Beharrungszustand der Maschine am Umfange der Triebräder entwickelte Kraft und v, ausgedrückt in m, die Geschwindigkeit oder den von der fortschreitenden Lokomotive in der Sekunde zurückgelegten Weg.

Im Eisenbahnverkehr wird die Geschwindigkeit im allgemeinen durch den in der Stunde zurückgelegten Weg ausgedrückt. Hierbei bestehen die Beziehungen:

$$V \text{ km/st} = 3{\cdot}6\, v \text{ m/sek}$$

und

$$v \text{ m/sek} = 0{\cdot}2777 \ldots . V \text{ km/st.}$$

Unter übrigens gleichen Verhältnissen kann in dem Produkte $Z \cdot v$ der eine Einzelwert groß ausfallen, wenn der andere klein gewählt wird.

Schnellfahrende, also personenbefördernde Lokomotiven werden derart gebaut sein müssen, daß sie unter Einhaltung der Bauvorschriften bezüglich der Verkehrssicherheit eine möglichst große Geschwindigkeit entwickeln können. Die Steigerung der Zugkraft ist hier nicht in erster Linie gefordert.

Hingegen soll die güterfördernde Lokomotive einer möglichst großen Zugkraft fähig sein, damit von ihr in Dauerleistung — wenn auch mit geringerer Geschwindigkeit — möglichst große Lasten geschleppt werden können.

4. Personenlokomotiven — Güterlokomotiven.

Durch eine solche Beurteilung ist aber auch schon die erste gebräuchlichste und brauchbarste Art der Unterteilung eines Lokomotivbestandes gegeben, die sich nach dem Verwendungszweck richtet, die Unterscheidung zwischen Personenlokomotiven und Güterlokomotiven.[2])

Es ist die natürlichste Einteilung der Lokomotiven, wenn die Gruppenbildung aus ihrem Verwendungszweck abgeleitet wird, es ist aber nicht die einzige gebräuchliche.

Vor etwa 50 Jahren gab es keine andern Unterscheidungen für den Transportdienst der Eisenbahnen, als Personenzüge und Güterzüge, also auch keine andern für die Bezeichnung und Einteilung der Lokomotiven. Der Begriff „Eilzug" oder „Schnellzug" entstand erst gegen das Jahr 1860. Die regelmäßige Fahrgeschwindigkeit der Schnellzüge jener Zeit reichte natürlich nicht an die Leistungen der modernen staatenverbindenden Züge heran, die unserm verwöhnten Reisepublikum kaum mehr entsprechen, wenn auch deren Reisegeschwindigkeit sich seither verdoppelt hat und in einzelnen Fällen dem Betrag von 100 km/st nähert.

---

[1]) vgl. Bd. II, Sanzin, Leistungsfähigkeit der Lokomotiven.

[2]) Nicht Personenzugslokomotiven, Güterzugslokomotiven. Es ist die selbstverständliche Bestimmung der Lokomotive, Züge zu ziehen. Man sagt auch nicht von den natürlichen Bestandteilen der Züge: Personenzugswagen, Güterzugswagen, sondern Personenwagen, Güterwagen. Die hiermit versuchte Kürzung der Ausdrucksweise möge Zustimmung finden (vgl. Stockert, Bau und Einrichtung der Lokomotive, S. 2, Wien 1907).

Und dennoch scheint es unangebracht zu sein, die Lokomotiven, mit denen die größten Geschwindigkeiten[1]) erreicht und die kürzesten Zugverbindungen hergestellt werden, als Klasse für sich anzusehen. Denn trotz ihrer hohen Eignung für die schnellsten Fahrten pflegen diese Lokomotiven gleichwohl im allgemeinen auch für gewöhnliche auf Hauptbahnen verkehrende personenbefördernde Züge in Dienst gestellt zu werden. Es sind doch nur Personenlokomotiven und Dienstalter und Erhaltungszustand für ihre Verwendung maßgebend.

Die Amerikaner haben für ihre Zugsgattungen noch weit mehr Benennungen als hierzulande üblich sind und kennen doch einen Unterschied in der Bezeichnung der Lokomotiven, also auch sogenannte „Schnellzugslokomotiven", nicht, sondern nur Personenlokomotiven (passenger locomotives) und Güterlokomotiven (freight locomotives). Das ist zweckmäßig und ausreichend.

5. Die größte zulässige Geschwindigkeit.

Die Grenze der zulässigen Fahrgeschwindigkeit wird gewöhnlich auf einem Schild am Führerstand ersichtlich gemacht. Sie beträgt derzeit für

Güterlokomotiven 40 bis 70 km/st
Personenlokomotiven 70 „ 120 km/st

Das Maß der zulässigen Geschwindigkeit ist nicht in allen Staaten gesetzlich begrenzt. In Amerika und England ist im allgemeinen für die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotiven im Zugverkehr eine Grenze nicht vorgeschrieben.

In Deutschland und Österreich beschränken die „Technischen Vereinbarungen" und behördliche Vorschriften das Ausmaß der höchsten Fahrgeschwindigkeit.

Die „Technischen Vereinbarungen" haben gerade in dieser Eigenschaft den Ausgangspunkt für eine Einteilung der Lokomotiven gefunden.

Der § 108 der „Technischen Vereinbarungen" unterschied in seiner früheren Form (Ausgabe vom Jahre 1897) zwischen Lokomotiven

mit ungekuppelten oder zwei gekuppelten Triebachsen
„ drei „ „
„ vier „ „

und bestimmte, daß im allgemeinen bei der größten Fahrgeschwindigkeit die Kolbengeschwindigkeit von $c = 350$ m/min bzw. $= 5{\cdot}8$ m/sek nicht überschritten werde.

Durch die gleichzeitige Bedingung, daß diese Geschwindigkeit nur bei höchstens 300 Minutenumdrehungen der Triebachse erreicht sein sollte, war für den Konstrukteur die Wahl des Triebraddurchmessers und der Kurbellänge bestimmt.

Mit dem späteren, noch gültigen[2]) II. Nachtrag vom Jahre 1900 wurden diese Bestimmungen abgeändert, indem die Kolbengeschwindigkeit nicht eingeschränkt, jedoch festgesetzt wurde, daß durch die Wahl der Trieb-

---

[1]) Leitzmann, Schnellfahrversuche mit drei verschiedenen Lokomotivgattungen auf der Strecke Hannover-Spandau. Organ Fortschr. d. Eisenbahnw. (Ergänzungsheft) 1906.

[2]) Die „Technischen Vereinbarungen" werden derzeit von dem Technischen Ausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen überprüft und einer Neuauflage unterzogen.

Digitized by Google

raddurchmesser verhindert sein solle, bei der größten zulässigen Fahrgeschwindigkeit von Lokomotiven bestimmter günstigster Bauart eine minutliche Umdrehungszahl der Triebräder von $n = 360$ zu überschreiten.

In Deutschland und Ungarn[1]) ist die höchste zulässige Fahrgeschwindigkeit mit $V = 120$ km/st festgesetzt.

In den für die österreichischen Eisenbahnen gültigen „Grundzügen der Vorschriften für den Verkehrsdienst auf Hauptbahnen" (Wien 1904) ist ein Maß für die größte zulässige Fahrgeschwindigkeit nicht aufgenommen. Punkt 122 dieser Vorschrift bestimmt folgendes:

„Die Fahrgeschwindigkeit ist von der Bauart der Lokomotiven, den besonderen Verhältnissen der einzelnen Strecken und dem auf gebremsten Achsen ruhenden Bruttogewicht abhängig.

Die auf den einzelnen Strecken zulässige größte Fahrgeschwindigkeit bedarf der Genehmigung der zuständigen Behörde."

Eine bestimmte Begrenzung der Geschwindigkeit ist damit eigentlich nicht ausgesprochen.

Punkt 59 derselben Vorschrift enthält eine ziffernmäßige Angabe für eine Geschwindigkeitsgrenze. Demzufolge ist es gestattet, daß

„bei Zügen mit durchgehender Bremsung Wagen, durch welche die Wirksamkeit dieser Einrichtung unterbrochen würde, ausnahmsweise am Schlusse der Züge eingestellt werden dürfen, wenn die Zuggeschwindigkeit nicht mehr als 90 km in der Stunde beträgt."

Die größte vorkommende Fahrgeschwindigkeit der Züge beträgt auf den österreichischen Eisenbahnen im allgemeinen 80 bis 90 km/st. Entsprechend dem Ausfall der behördlich festgelegten Erprobung[2]) kann bei einzelnen Lokomotivgattungen eine höhere Fahrgeschwindigkeit für zulässig erklärt werden. Die Vorschrift für den Verkehr der Züge wird dadurch nicht berührt.

In Deutschland, Österreich und Ungarn ist die Fahrgeschwindigkeit für Probefahrten[3]) nicht begrenzt.

Auf den nordamerikanischen Bahnen, sowie in England und Frankreich, kommen bei gewissen regelmäßigen Zügen streckenweise Fahrgeschwindigkeiten von 120 km/st vor, während in Deutschland und Ungarn von der höchstzulässigen Fahrgeschwindigkeit (120 km/st) nur in Verspätungsfällen Gebrauch gemacht wird, um „kürzeste Fahrzeiten" zu erzielen.

Für $V = 120$ km/st und $n = 360$ Umdr./min ergibt sich aus der Stundenweggleichung

$$120000 \text{ m} = 60 \times 360 \times D\pi,$$

daß mit einem kleinsten Durchmesser

$$D = 1770 \text{ mm}$$

[1]) a) „Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung". Berlin 1905, S. 56.
b) „Verkehrsinstruktion". Budapest 1905, Art. 105.

[2]) vgl. Bd. III, Richter, Prüfung der Lokomotiven.

[3]) Die größte auf einer Eisenbahn je erreichte Fahrgeschwindigkeit ist am 6. Okt. 1903 bei den Versuchen der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen auf der Strecke Marienfelde-Zossen mit einem sechsachsigen Elektromotorwagen erzielt worden: 210 km/st.

Die größte Geschwindigkeit, welche nachweislich mit einer Dampflokomotive erreicht wurde, ergab sich bei der am 2. Juli 1907 auf der Strecke München-Augsburg der bayerischen Staatsbahnen ausgeführten Probefahrt. Es wurde hierbei von der $^{3}/_{6}$-Lokomotive Nr. 3201 (vgl. S. 32, laufende Nr. 114) auf horizontaler bzw. mit $5^{0}/_{00}$ geneigter Strecke eine Zuglast von 150 t eine Zeitlang mit 154·4 km/st gefahren.

der Konstruktionsbedingung der „Technischen Vereinbarungen" entsprochen ist.

Die neuesten bereits im Jahre 1905 entworfenen $^3/_6$-Lokomotiven der Großherzogl. Badischen Staatsbahnen (Bauart 1907)[1]) haben bei zugrundegelegter Geschwindigkeit von $V = 120$ km/st einen Triebraddurchmesser $D = 1800$ mm.

Die erste auf dem Kontinent in Betrieb gestellte „Pacific-" oder $^3/_6$-Lokomotive war die ebenfalls 1907 erbaute Lokomotive der Paris-Orléansbahn (laufende Nr. 109 auf S. 30). Sie ist für eine Geschwindigkeit von 120 km/st konstruiert und hat Triebraddurchmesser

$$D = 1850 \text{ mm.}$$ [2])

Der Kolbenhub s wird bei schnellaufenden Lokomotiven gewöhnlich mit 600 bis 680 mm bemessen.

Setzt man (wie z. B. bei der $^3/_6$-Orléans-Lokomotive)

$$s = 650 \text{ mm},$$

so kann die Geschwindigkeit des Kolbens bei einem Wege von

$$2s = 1\cdot3 \text{ m}$$

und $n = 360$ minutlichen Umdrehungen

der Triebachse, bzw. bei

$$n_1 = 6 \text{ Sekundenumdrehungen}$$

derselben leicht den Betrag von

$$c = 7\cdot8 \text{ m}$$

erreichen.

Hält man an der durch die „Technischen Vereinbarungen" gegebenen Höchstgrenze

$$n = 360 \text{ Minutenumdrehungen}$$

fest, dann kann man daraus errechnen, daß es möglich ist, wenn die Konstruktion es sonst zuläßt, mit Triebraddurchmessern von

$$D = 2200 \text{ mm}$$ [3])

also einem Triebradumfang

$$D\pi = 6\cdot9115 \text{ m}$$

selbst eine Fahrgeschwindigkeit von

$$V \text{ km/st} = 60 \cdot n \cdot D \cdot \pi$$
$$= 149288 \text{ m}$$

oder rund $= 150$ km/st

zu erreichen, ohne diese Konstruktionsbedingungen zu verletzen.

Nachdem mit der Kenntnis der Triebraddurchmesser auf die höchst-

---

[1]) vgl. Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1908, S. 141.

[2]) Das erste Erscheinen dieser in Amerika verbreiteten Bauform erfolgte übrigens schon im Jahre 1896 auf den Linien der Chicago, Milwaukee und St. Paul Railway. Größere Verbreitung fand diese Bauart aber erst seit 1902 mit der Ausführung der American Locomotive Company für die Missouri-Pacific-Railway.

Die $^2/_5$-Lokomotive („Atlantic"), welche zunächst für schnellfahrende schwerere Züge weite Verrbeitung gefunden hat, ist im Jahre 1895 gleichzeitig in Österreich (Kaiser-Ferdinand-Nordbahn) und Amerika (für die Züge von Philadelphia nach Atlantic-City) in Betrieb gekommen.

Den Übergang zu der $^3/_6$-Lokomotive haben die verschiedenen Bauformen der $^3/_5$-Lokomotive gebildet, die Ende des vorigen Jahrhunderts und auch zurzeit zahlreich in Verwendung genommen sind. Ihre erste Ausführung (1887) ist der Michigan Central Railroad zugeschrieben.

[3]) Der Triebraddurchmesser der früher erwähnten bayerischen $^2/_6$-Lokomotive zeigt diese Abmessung $D = 2200$ mm.

Digitized by Google

zulässige Fahrgeschwindigkeit einer Lokomotive, also auf ihre Verwendbarkeit bei gewissen Zügen, annähernd geschlossen werden kann, dann scheint es nicht unzweckmäßig zu sein, sich bei der Einteilung eines Lokomotivbestandes auf die Größe des Triebraddurchmessers zu stützen, wenn nicht die Geschwindigkeitsgrenzen selbst die Unterlage für diese Einteilung bieten können.

6. Zugkraft, zulässiger Achsdruck, Kupplungsverhältnis.

Eine andere Unterteilung der Lokomotiven erfolgt mit Rücksicht auf die vorhandene Zugkraft. Das Erfordernis nach gesteigerter Zugkraft wächst mit dem größeren Zuggewicht und den Schwierigkeiten der Bahnanlage.

Die Zugkraft kann dementsprechend — zugleich mit der Vergrößerung der Abmessungen der eigentlichen Maschine — erhöht werden durch vergrößerten Einzelachsdruck oder — stufenweise — durch Vermehrung der Triebachsen, also durch Vergrößerung des Kupplungsverhältnisses.

Durch die Vorschriften über den zulässigen Achsdruck[1]) sind dem Konstrukteur die Grenzen für das unter gewissen Verhältnissen erreichbare Reibungsgewicht und sohin auch für die größte Zugkraft einer Lokomotive gegeben. Hierdurch wird die Anzahl der gekuppelten Achsen bestimmt.

Nur auf wenigen englischen Bahnen findet man noch Lokomotiven mit freier ungekuppelter Triebachse[2]) in regelmäßiger Verwendung. Sie entsprechen dort, wo nur sehr leichte schnelle Züge auf günstiger Bahn zu befördern sind. Größere Verwendung für leichte schnelle Züge findet die $^2/_4$-gekuppelte Lokomotive, insbesondere in ihren neuesten Ausführungen unter Anwendung hochüberhitzten Dampfes.

Schwere schnelle Züge erfordern Lokomotiven mit größerem Reibungsgewicht, also mit zwei oder drei gekuppelten Räderpaaren und entsprechenden Führungsachsen.

Von der neuesten und stärkstgebauten deutschen Personenlokomotive ($^3/_6$-gekuppelten Lokomotive der Badischen Staatsbahnen[3]), 1907) wird verlangt, daß sie

a) auf einer andauernden Steigung von 3·33 ‰ einen Wagenzug von 300 t Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 100 km/st, ferner

b) auf Steigungen von 16·7 ‰ bis 20 ‰ (35·5 km lang) einen Wagenzug von 185 t mit einer Geschwindigkeit von 50 km/st anstandslos befördern,

c) auf geraden Strecken (mit oder ohne Last) bei ruhigem Gang eine Geschwindigkeit von 120 km/st erreichen soll.

Diese Lokomotive hat bei einem Gesamtgewicht von 85 t die drei Triebachsen mit 48 t belastet. Eine Lokomotive gleicher Bauart, welche die American Locomotive Company kürzlich für die Pennsylvaniabahn gebaut hat[4]) verfügt über ein Reibungsgewicht von 78·7 t (26·2 t Achsdruck!)

---

[1]) Techn. Vereinbarungen 1897 und II. Nachtrag 1900, § 6.

[2]) Auf den englischen Bahnen mit ihrem vortrefflichen schweren Oberbau ist die Belastungsgrenze für die einzelne Achse auf 18 bis 20 t hinaufgerückt, in Amerika sogar bis 25 und 26 t, während sie in Deutschland und Österreich auf 14, bzw. bei Neubauten 16 t stehen geblieben ist.

[3]) vgl. laufende Nr. 110 auf S. 30.

[4]) vgl. laufende Nr. 102 auf S. 30.

bei einem Gesamtgewicht von 122 t. Diese Lokomotive ist bestimmt, auch auf ungünstigen Strecken Zehn- und Zwölfwagenzüge (500 bis 600 t) mit einer Geschwindigkeit von 70 bis 80 km/st zu befördern.

Wenn auch im allgemeinen jede Lokomotivgattung, die doch gewöhnlich für ganz bestimmte Verhältnisse entworfen wird, nur innerhalb gewisser Geschwindigkeitsgrenzen eine wirtschaftlichste Ausnützung gestattet, so ist doch durch die Bauart mancher Lokomotiven ihr Verwendungsgebiet insofern erweitert, als ihre Gebrauchsnahme für personen- und güterbefördernde Züge gleich zweckmäßig erscheint. Es sind dies insbesondere die Lokomotiven mit drei gekuppelten und einer Führungsachse.

Ausgesprochener Gebirgscharakter einer Bahn führt zur Verschmelzung der Begriffe Personen- und Güterlokomotive, wenn die Lokomotiven der Schnellzüge auf stark geneigten Strecken ihrer vornehmsten Eigenschaft, der größeren Geschwindigkeit, entkleidet werden und mit dem Charakter auch die Form der Güterlokomotive annehmen.[1])

Die Zahl der gekuppelten Achsen wird auf 4, selbst 5 vermehrt und der Triebraddurchmesser eingeschränkt.

Überwiegt der Charakter der Güterlokomotiven, dann wird der höchsten Anforderung bezüglich der Zugkraft zu entsprechen sein. Mit Geschwindigkeiten von 15 bis 25 km/st Züge von 1200 bis 1600 t Nutzlast unter nicht ungünstigen Verhältnissen ohne Nachhife anstandslos weiter zu bringen, ist die Aufgabe unserer modernen schweren Güterlokomotiven.

Für diese Zwecke werden gegenwärtig, außer älteren Bauformen (vierachsige Vierkuppler), auf dem Kontinent nach amerikanischem Muster, das schon im Jahre 1866 zur ersten Ausführung gekommen und bis heute dort mustergültig geblieben ist, zahlreich ${}^{4}/_{5}$-Lokomotiven gebaut.

Besonders kräftige Lokomotiven erhalten fünf gekuppelte Achsen. Hierbei kommt sowohl die einfache Dampfdehnung (Zwilling), als auch das einfache Verbundsystem zur Ausführung. Soll der einzelnen Lokomotive noch größere Leistungsfähigkeit zugemessen werden, dann wird der Rahmen gegliedert und das Triebwerk zerlegt und verdoppelt (System Mallet).

Die weitgehendste Konstruktion dieser Art, welche französischen Ursprungs ist, hat 1907 die amerikanische Erie-Bahn mit zwei Vierkupplergestellen (laufende Nr. 214 auf S. 42) gebracht.

Auf europäischen Bahnen wurden in letzter Zeit mehrfach Güterlokomotiven von dieser Bauart, jedoch mit nur dreiachsigen Gestellen, aber ebenso zahlreich fünffach gekuppelte Lokomotiven mit und ohne Schlepptender in Verkehr gesetzt.

Die ${}^{5}/_{5}$-Tenderlokomotiven der preußischen Staatsbahnen (laufende Nr. 187 auf S. 40) fördern 150 Achsen mit 1600 t Belastung auf einer Steigung von $8 \cdot 33^0/_{00}$ mit einer Stundengeschwindigkeit von $7^1/_2$ km.

---

[1]) a) Die ${}^{4}/_{5}$-gekuppelte Lokomotive der österreich. Südbahn, eine Zweizylinderverbundlokomotive, führt Schnellzüge von 200 t Gewicht auf den Steigungen des Semmering von $25^0/_{00}$ mit einer Geschwindigkeit von 22 bis 22 km/st.

b) Die ${}^{5}/_{6}$-gekuppelte Lokomotive der österreichischen Staatsbahnen (S. 40, laufende Nr. 196) führt die 280 t schweren Schnellzüge der Arlbergbahn ($33^0/_{00}$) mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 bis 28 km/st.

c) Die (${}^{2}/_{3}$ + ${}^{3}/_{3}$) gekuppelte Lokomotive der ungarischen Staatsbahnen (Seite 32, laufende Nr. 111) bringt Schnellzüge von 230 t Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 30 km/st über die Steigungen des Karst von $25^0/_{00}$.

Amerikanische Lokomotiven leisten im regelmäßigen Dienste das Doppelte. Die höchste Zugleistung durch eine $^4/_5$-Lokomotive wurde im August 1904 auf der Lake Shore and Michigan Southern Railway vollbracht — 100 beladene Wagen im Gesamtgewicht von 6762 t (am).[1])

Die Triebraddurchmesser der schweren Güterlokomotiven werden mit 1000 bis 1300 mm bemessen und die Organe für die Erzeugung und Verarbeitung des Dampfes in den größtmöglichen Abmessungen ausgeführt (Kesseldurchmesser bis über 2 m, Zylinderdurchmesser bis 900 mm).

Gewisse Güterlokomotiven sind zu schnellerer Fahrt bestimmt. Sie dienen dem Gütereilverkehr. Größere Triebraddurchmesser ($D = 1400$ bis 1600 mm) und besondere Achsenanordnung erhöhen ihre Eignung dafür. Die Geschwindigkeitsgrenze ist entsprechend höher gerückt (50 bis 60 km/st) und ermöglicht die Verwendung einer solchen besonders brauchbaren Bauart zur Beförderung verstärkter Personenzüge (Feiertagsverkehr). Beinahe immer aber läßt sich die personenbefördernde Güterlokomotive von der güterfördernden Personenlokomotive unterscheiden.[2])

7. Verschublokomotiven.

Andere Bestimmung, als solche auf offener Strecke zu dem eigentlichen Transportdienst in Verwendung gelangenden Lokomotiven, haben diejenigen, denen die Vorbereitung für den Zugverkehr, die Zusammenstellung der Züge, obliegt. Sie werden Verschublokomotiven (amerikanisch „Switcher") genannt und zeigen Ausführungsformen, welche sie für diese besondere Dienstleistung besonders geeignet machen. Durch ihre Bauart soll die Anforderung einer vorübergehenden (nicht andauernden) großen Kraftleistung und bedeutender Beweglichkeit bei mäßiger Geschwindigkeit erfüllt sein.

Die Zusammenstellung der Züge wurde ursprünglich nicht durch besondere Lokomotiven sondern durch die Zuglokomotiven vorgenommen. Die Zweckmäßigkeit solcher Anordnungen, die auch zurzeit noch angetroffen werden, läßt sich bezweifeln.

Ein Zeichen von Rückständigkeit und übel angebrachter Sparsamkeit ist es aber, wenn für das Rangieren der Züge, einen besonderen und wichtigen Teil des Verkehrsdienstes[3]), von gewissen Bahnverwaltungen entweder außer Dienst gestellte unbrauchbare oder aber sonst noch brauchbare, jedoch für andere Betriebszwecke entworfene Lokomotiven in Verwendung genommen werden. Es ist dies unwirtschaftlich, weniger sicher und teurer. Fortschrittlich gesinnte Bahnverwaltungen haben dies längst erkannt und erfreuen sich des wirtschaftlichen Nutzens der Verschublokomotiven.

Dem Zwecke entsprechen am besten genügend schwere (dreifach oder vierfach gekuppelte) Lokomotiven mit kurzem Kessel, aber großer Zugkraft und derart ausgestaltet, daß die zahlreichen Hin- und Herbewegungen mit Zügen und Zugteilen leicht, rasch und sicher vorgenommen werden können.

Die Vorräte an Kohle und Wasser können im Bahnhofsbereiche stets leicht erneuert werden. Es ist daher eine eigentümliche Erscheinung, daß in Amerika, dem Lande, das im praktischen Lokomotivbau sehr vor-

---

[1]) vgl. American Engineer 1904, S. 389.

[2]) vgl. die $^3/_4$-Lok. Abb. 15 u. 16 auf S. 34 u. 35.

[3]) vgl. Bd. II, Oder, Verschubdienst.

Digitized by Google

geschritten ist, die Verschublokomotiven immer noch überwiegend mit Schlepptendern ausgeführt werden. Sie können dabei allerdings mit beträchtlichen Vorräten[1]) versehen und länger im ununterbrochenen Dienste belassen werden, entbehren aber der Vorteile des kurzgestellten Fahrzeugs (Tenderlokomotive).

Hierzu gehört außer dem Gewinn an Zeit und Weg bei tausendfältiger Änderung der Zugrichtung die Verminderung der unvermeidlichen Anstände beim Befahren der Weichen und der Vorteil, daß die Lokomotivmannschaft stets der Stelle näher bleibt, von der die wichtigen auf gefahrbringende Bewegungen bezugnehmenden Signale abgegeben werden.

Mit solchen Lokomotiven in ihren mannigfaltigen Ausführungsgestalten, die in eine der vorstehend angeführten drei Klassen eingeteilt werden können, wird der Weltverkehr auf den Hauptlinien der Eisenbahnen vollzogen.

8. Lokomotiven für Nebenbahnen.

Die Hauptverkehrslinien sind gewöhnlich mit Nebenlinien im Zusammenhange, die sie manchmal unmittelbar verbinden, oder denen sie, in andern Fällen, nur einseitig, ohne doppelten Anschluß, angegliedert sind.

In den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, zur Zeit des allgemeinen wirtschaftlichen Aufschwungs und der ausgedehnten Bahnbautätigkeit, ist der Begriff von Bahnen untergeordneter Bedeutung, Nebenbahnen, entstanden. Zugleich entwickelte sich damit der Bau des Betriebsmaterials für solche nebengeordnete Betriebszwecke. Gewisse zulässige Vereinfachung in der Anlage und den Einrichtungen solcher Bahnen haben die Ausgestaltung der Betriebsmittel, insbesondere der Lokomotiven, beeinflußt. Es konnten Drehscheiben in den Wendestationen erspart, kostspielige Einrichtungen von Wasserstationen weggelassen werden, wenn die zweckentsprechende Konstruktion der Lokomotiven dies zuließ.

Es entstand die Klasse der Nebenbahnlokomotiven.

Die zulässigen Erleichterungen im Bau der Nebeneisenbahnen schließen die Anwendung großer Fahrgeschwindigkeit aus. Dies und der Umstand, daß Nebenbahnlokomotiven in der Regel gemeinsam den Personen- und Güterbeförderungsdienst versehen, kommt in der Konstruktion der Lokomotiven zum Ausdruck. Die Nebenbahnzüge sind gewöhnlich kurz und die Streckenlängen nicht bedeutend, so daß mit verhältnismäßig geringeren Vorratsräumen für Wasser und Kohle und kleinerer Zugkraft das Auslangen gefunden wird. Man verwendet daher beinahe ausschließlich leichte Tenderlokomotiven mit zwei oder drei kurzgestellten Kuppelachsen. Mit Rücksicht auf die geringe Fahrgeschwindigkeit (25 bis 40 km/st) sind Führungsräderpaare entbehrlich. Hierdurch wird der Achsenstand gedrängt und das Befahren der Bahnkrümmungen erleichtert.

9. Lokomotiven für Stadt- und Vorortbahnen.

In und bei großen Städten hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte ein so lebhafter Eisenbahnpersonenverkehr entwickelt, daß seinen Bedürfnissen in den meisten Fällen nur durch besondere Bahnanlagen gut entsprochen werden konnte.[2]) Decken sich auch manchmal ihre Aus-

---

[1]) bis zu 22 cbm Wasser und $7\frac{1}{2}$ t Kohle gegen höchstens 7 cbm Wasser und $2\frac{1}{2}$ t Kohle auf kontinentalen Tenderverschublokomotiven.

[2]) vgl. Bd. II, Petersen, Stadtbahnbetrieb.

Digitized by Google

führungen mit denen vollspuriger Reibungsbahnen, so läßt doch die besondere Verkehrsgattung die Anwendung besonderer Verkehrsmittel empfehlenswert erscheinen. Eine zweckmäßig entworfene Stadtbahnlokomotive wird für diesen bestimmten Beförderungszweck gut, für andere Betriebszwecke aber in wirtschaftlicher Weise vielleicht nicht gut zu verwenden sein. Die Art der Bahnanlage ist hier auch einflußnehmend, so daß im Laufe der zwei Jahrzehnte, da sich der Stadtbahn- und Vorortverkehr entwickelt hat, eine nicht geringe Zahl von weit auseinandergehenden Konstruktionen entstanden ist, die trotzdem — mit Rücksicht auf den gleichen Beförderungszweck und die gleichen Grundsätze — zu einer Gruppe vereinigt werden können.

Ihre gleichbleibende, von der Verkehrsdichte und Zugstärke abhängige Bestimmung ist es, die kürzesten, durch zahlreiche Aufenthalte unterbrochenen Strecken mit dem geringsten Zeitaufwand zurückzulegen, also die größtmögliche Anfahrbeschleunigung zu entwickeln und in jeder Fahrtrichtung immer gleich fahrbereit zu sein.

Diesen gleichen Zwecken sind die verschiedensten Bauformen dienstbar gemacht, so die $^2/_4$- und $^2/_5$-gekuppelten Lokomotiven der Berliner, die $^3/_5$-gekuppelten der Wiener Stadtbahn, die fünffach gekuppelte der engl. Great Eastern-Bahn und die $^3/_7$-gekuppelte Lokomotive für den Vorortverkehr von Chicago. Sie verkehren alle mit einer Geschwindigkeit von 40 bis 60 km/st, aber die Zusammensetzung der Züge ist verschieden. Um einen 12-Wagenzug von etwa 350 t Gewicht nach einer Anfahrzeit von nur $^1/_2$ Min. auf eine Geschwindigkeit von 50 km/st zu bringen, dazu bedarf es einer beträchtlichen Zugkraft, über welche z. B. die $^5/_5$-gekuppelte Great Eastern-Lokomotive verfügt[1]). Vorzügliche Bremse und ausreichende Bevorrätigung mit Wasser und Kohle sind weitere Erfordernisse für eine brauchbare Bauart der Stadtbahnlokomotive.

10. Lokomotiven für Schmalspurbahnen.

Die Ausführung von Kleinbahnen (Schmalspurbahnen) hängt von sehr verschiedenen Umständen technischer, kaufmännischer und politischer Natur ab. Zu den Betriebsmitteln der Kleinbahnen können Lokomotiven gehören, die den einfachsten Verschubdienst versehen, aber auch solche, die für schnelle Personenzüge oder selbst Massentransporte geeignet sein sollen. Deshalb sind ihre Ausführungsarten zahllos und den Lokomotiven der Vollspurbahnen nachgebildet.

11. Wagenklassen — Lokomotivklassen.

Hauptbahnen, Nebenbahnen, Stadt- und Vorortbahnen bilden das in normaler Spur gebaute Netz, auf dem die Lokomotiven in derselben Ordnung den Transportdienst versehen. Sie bilden Klassen, ohne ihre Bezeichnung zu tragen.

Auch bei Wagen, für welche im Laufe der Jahrzehnte die Klassennummer (I., II., III. bei manchen Bahnverwaltungen fortgesetzt bis zur X. Klasse) ein gemeinverständlicher Ausdruck geworden ist, hat später zur besonderen Unterscheidung des Transportzweckes eine andere — Buchstabenbezeichnung — Platz gegriffen.

---

[1]) Diese Lokomotivbauart hat seit ihrer Einführung (1902) eine Umgestaltung erfahren.

Es bedeutet also keine wesentliche Neuerung, wenn man dem ebenso wichtigen Transportmittel, der Lokomotive, eine ähnliche aufklärende Benennung, verleiht und einen Merkbuchstaben für die Gruppenbezeichnung und Anhängsel für ihren Charakter in Einführung bringt.

Als Merkbuchstaben hat schon manche Verwaltung den Anfangsbuchstaben der Benennung eingeführt; in Vervollständigung dieses Bezeichnungssystems kann man unterscheiden:

I. Lokomotiven für Hauptbahnen
- a) Personenlokomotiven . . . . P
- b) Güterlokomotiven . . . . G
- c) Verschublokomotiven V

II. Lokomotiven für Nebenbahnen . . . . N

III. Lokomotiven für Stadtbahnen . . . . S

Damit ist das einfachste Merkzeichen des Beförderungszweckes gegeben. Durch die Bezeichnung der Lokomotive soll aber auch ohne langatmige Beschreibung ihre konstruktive Beschaffenheit möglichst erkennbar sein. Hierfür ist verschiedenes in Übung.

Auf deutschen Bahnen bezeichnete man ehedem die Bauart durch die Benennung der Zahl der gekuppelten Räder der Lokomotive: Vierkuppler, Sechskuppler, Achtkuppler.

Diese Bezeichnungsart hat später einer andern, zutreffenderen weichen müssen, die sich auf die Zahl der gekuppelten Achsen bezieht, in Bruchform erscheint und durch den Zähler die Zahl der gekuppelten Achsen, durch den Nenner die Zahl sämtlicher Achsen erkennen läßt.

Noch genauer ist der Konstruktionsbegriff umschrieben, wenn man aus der Benennung auch die Lage der Achsen erkennen kann.

Eine mit Beginn des Jahrhunderts von der Amerikanischen Lokomotivbaugesellschaft[1]) eingeführte Bezeichnungsart hat dies ermöglicht und ist bald bei mehreren Bahnverwaltungen in Aufnahme gekommen. Sie bezieht sich wieder auf Räder, indem die durch die Konstruktion gegebene Anzahl, nach Gleichartigkeit einzeln zusammengefaßt, von dem führenden Räderpaar angefangen, nebeneinander angeführt wird.

Durch den Ausdruck 2 — 6 — 0
und 0 — 6 — 2
sind die zwei Arten der $^3/_4$-gekuppelten Lokomotive dann genau auseinandergehalten, wenn man weiß, daß die Lokomotive nach links gestellt gedacht ist.

Auch die beiden Arten der $^2/_4$-gekuppelten Lokomotive, die mit führendem Drehgestell 4 — 4 — 0
und die Bauart, bei welcher die beiden Kuppelachsen innen liegen,

2 — 4 — 2

sind durch diese Bezeichnungsweise unterschieden. Sie versagt aber auch die Deutlichkeit, wenn bei gewissen Vierzylinderlokomotiven zwei Triebachsen angeordnet sind.

Auf der amerikanischen Bezeichnungsweise fußend, hat kürzlich In-

---

[1]) Diese mächtige Gesellschaft (American Locomotive Company) hat auch einvernehmlich mit einer oder der andern Bahnverwaltung den einzelnen Konstruktionsarten Namen verliehen, die sich zum Teil auch am Festland das Bürgerrecht erworben haben („Atlantic“, „Pacific“, „Consolidation“ usw.).

Digitized by Google

genieur Jung, Berlin, in Antrag gestellt[1]), nicht die Anzahl der Räder, sondern die der Achsen herauszuheben und zur Unterscheidung der Lauf- und Kuppelachsen arabische mit römischen Ziffern zu mengen.

Die beiden früher angeführten Fälle wären dann in

1 — III — 0,

bzw. 0 — III — 1

und 2 — II — 0,

bzw. 1 — II — 1 übergegangen.

Eine noch geringfügigere Abänderung empfiehlt Dr.-Ing. Übelacker[2]) durch Einführung von Buchstaben statt der römischen Ziffern, z. B.

1 — C — 0

oder 2 — B — 0.

Es wird gewiß in einigen zweifelhaften Fällen durch die ursprüngliche oder eine abgeänderte amerikanische Schreibweise die Anordnung der gekuppelten Achsen einer Lokomotive auch dann erkennbar sein, wenn die deutsche Methode über die Lage der Achsen nicht völlig aufgeklärt hat.

Ist aber diese Erkenntnis im allgemeinen von Belang?

12. Abgekürzte Bezeichnung.

Was im gewöhnlichen Eisenbahnbetriebe für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Lokomotive zu wissen nötig ist, die Anzahl der gekuppelten Achsen, also das beiläufig in Anwendung gelangende Reibungsgewicht[3]), wird auch durch die am meisten verbreitete deutsche Bezeichnung (in Bruchform) ausgedrückt, die Anordnung derselben ist für diese Beurteilung belanglos. Mit $^2/_4$ P, $^4/_5$ G, $^3/_3$ V sind die verschiedenen Lokomotivgattungen kurz und zutreffend bezeichnet.

Durch Hinzufügen eines t hinter den Merkbuchstaben wird ausgedrückt, daß die Lokomotive als Tenderlokomotive (also ohne besonderen Schlepptender) erbaut ist, sohin ist z. B. die gebräuchliche dreifach gekuppelte Tenderlokomotive für Nebenbahnen durch $^3/_3$ Nt bezeichnet. Ihre Konstruktion wäre nun allerdings noch klarer umschrieben, wenn in leicht erkennbarer Weise aus der Bezeichnung unmittelbar zu entnehmen wäre, ob und inwieweit die betreffende Lokomotivgattung für einfache Dampfdehnung, für Verbundwirkung oder auch für Überhitzung des Dampfes eingerichtet ist. Es ist ganz leicht und übersichtlich durch Beifügung kleiner Buchstaben:

z für einfache Dampfdehnung,
v für Verbundwirkung,
h für Dampfüberhitzung,

die Aufklärung über die Konstruktion in diesem Sinne zu erbringen. Es ist ferner wissenswert und für die nächste Beurteilung genügend, wenn man die Zahl der Dampfzylinder kennt und dabei von ihrer Lage absieht.

Dies ist erreicht, wenn man z. B. durch den Ausdruck

$^3/_4$ G 2 v

eine $^3/_4$-gekuppelte Zweizylinderverbundlokomotive mit Schlepptender und durch $^5/_5$ Gt 2 zh

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1906, Heft 4, S. 79.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1907, Heft 3, S. 47.

[3]) Jeder Konstrukteur wird nach Tunlichkeit das ganze zur Verfügung stehende Reibungsgewicht für die Zugkraft ausnützen.

eine $^5/_5$-gekuppelte Zwillingtendergüterlokomotive mit Überhitzer charakterisiert.

Kann man aus der Zahl der gekuppelten Achsen und der Bauart der eigentlichen Maschine auf die **Zugkraft** der fallweise in Frage kommenden Lokomotivgattung annähernd schließen, so ist allerdings damit eine andere Eigenschaft noch nicht aufgedeckt, deren Kenntnis bei der Beurteilung der Verwendbarkeit einer Lokomotive ebenfalls wünschenswert wäre, — die **Geschwindigkeit**. Bei französischen Bahnen wird diesem Umstande insofern Rechnung getragen, als die **Einteilung der Lokomotiven** dort auch rücksichtlich ihrer Triebraddurchmesser vorgenommen wird, die mit dem Maß der Geschwindigkeit in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis stehen. Eine kurzgefaßte Bezeichnung der Bauart ist aber dort nicht eingeführt.

Die Beurteilung der Verwendbarkeit einer Lokomotive wird noch mehr erleichtert, wenn in dem Ausdruck für ihre Bauart die „**zulässige Geschwindigkeit**" durch einen Index erkennbar gemacht wird, der sich mit der Anschrift am Führerstande deckt, z. B.

$^2/_5$ P 4 v 100,

d. h. $^2/_5$-gekuppelte Vierzylinder- oder Doppelverbundpersonenlokomotive („Atlantic") mit zulässiger Geschwindigkeit von 100 km/st, oder

$^3/_4$ Gt 2 zh 75,

d. h. $^3/_4$-gekuppelte Zwillingtendergüterlokomotive mit Überhitzer, zulässige Geschwindigkeit 75 km/st.

Ohne daran zu zweifeln, daß der Vorschlag verbesserungsbedürftig sein kann, wird einer solchen oder ähnlichen Anregung für die Einführung einer **abgekürzten Bezeichnung der Lokomotivgattungen** die Zustimmung kaum versagt werden können.

Das was täglich hundertfältig bezeichnet und benannt werden soll, verlangt Einfachheit, wenn diese möglich ist und die Verständlichkeit darunter nicht leidet.

Besondere Berichte werden stets besondere ausführliche Beschreibung eines Fahrzeugs erfordern, aber in einem gewöhnlichen Fahrbericht (Stundenpaß) dürfte die darin verzeichnete Zugslokomotive:

„$^3/_4$-gekuppelte Zweizylinderverbundgüterzugstenderlokomotive Nr. 387"

durch den Ausdruck

„$^3/_4$ Gt 2 v Nr. 387"

kürzer und übersichtlicher bezeichnet sein und die Antwort auf eine telegraphische Anfrage, statt mit:

„$^2/_5$-gekuppelte Vierzylinderschnellzugslokomotive ohne Verbundeinrichtung mit Überhitzer Nr. 111 übernimmt Zug 8"

durch:

„$^2/_5$ P 4 zh Nr. 111 übernimmt Zug 8"

ebenfalls verstanden werden.

Wer in Zeichnungsarchiven der maschinentechnischen Ämter zu blättern Gelegenheit hatte, wird bestätigen, daß die Breite eines Blattes oftmals nicht hinreicht, um die Benennung der darauf dargestellten Lokomotive aufzunehmen. Es wäre eine dankenswerte Aufgabe des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, durch eine einheitliche **Benennung** und eine einheitliche **Einteilung** der Eisenbahnbetriebsmittel eine Klärung der Begriffe und Vereinfachung im Schreibgeschäfte herbeizuführen.

Digitized by Google

13. Tabellen.

In den nachfolgenden Tabellen wurde der Versuch unternommen, gleichartige Konstruktionen der jüngsten Zeit zusammenzustellen und so die Einteilung der Lokomotiven nach Gruppen und Klassen erkennbar zu gestalten.

Es wurde dabei die abgekürzte Bezeichnungsweise eingeführt, um ein Urteil über ihre Brauchbarkeit und Übersichtlichkeit herbeizuführen.

Die Zahl der in den letzten Jahren zur Einführung gelangten Lokomotivbauarten ist nicht gering. Die Anwendung der einfachen und doppelten Verbundeinrichtung, sowie die Anwendung überhitzten Dampfes haben verschiedene neue Bauformen mit sich gebracht, ohne die älteren Ausführungsarten in ihrer Verbreitung wesentlich zu behindern. So ist die Einteilung nicht einfacher, sondern verwickelter geworden.

In Amerika, wo man der Verbundeinrichtung noch immer mit Mißtrauen begegnet, sind die Ausführungsformen nicht so zahlreich.

Durch die amerikanischen Bahnverwaltungen geht übrigens augenblicklich eine Bewegung, um die auch dort noch immer zu zahlreichen Lokomotivtypen auf nur wenige normalisierte Formen zu verringern.

Mit nur vier Bauformen glaubt man in den nächsten Jahren für alle vorkommenden Betriebsformen das Auslangen finden zu können.

Von einer zu diesem Zwecke beratend zusammengetretenen Gruppe von Bahnverwaltungen sind dafür folgende Lokomotivgattungen in Aussicht genommen:

Zwei Arten von Personenlokomotiven (4 — 4 — 2 und 4 — 6 — 2), nur eine Art von Güterlokomotiven (2 — 8 — 0) und
eine Art von Verschublokomotiven (0 — 6 — 0).

Über die zu wählenden hauptsächlichsten Bauverhältnisse dieser Lokomotiven hat man sich in folgender Weise geeinigt:

Vereinbarte Bestimmungen	bei der Lokomotivgattung			
	4—4—2	4—6—2	2—8—0	0—6—0
Belastung der Triebachse ungefähr . .	23·6 t	20·4 t	22·0 t	21·5 t
Gesamtgewicht der Lokomotive ungefähr . .	47·6 t	64·0 t	85·0 t	68·0 t
Gesamtradstand der Lokomotive	8·4 m	10·2 m	7·4 m	3·5 m
Gesamtradstand von Lokomotive und Tender . . .	17·7 m	19·4 m	16·9 m	13·0 m
Triebraddurchmesser . . .	2057 mm	1956 mm	1448 mm	1448 mm
Dampfzylinderdurchmesser (einfache Expansion) . .	508 mm	559 mm	559 mm	508 mm
Kolbenhub	711 mm	711 mm	762 mm	660 mm
Länge der Feuerbüchse . .	2·7 m	2·7 m	2·7 m	2·7 m

Digitized by Google

Vereinbarte Bestimmungen	bei der Lokomotivgattung			
	4—4—2	4—6—2	2—8—0	0—6—0
Breite der Feuerbüchse . .	1·7 m	1·7 m	1·7 m	1·0 m
Länge der Siederohre . . .	4·9 m	6·1 m	4·6 m	3·5 m
Heizfläche	247 qm	284 qm	315 qm	170 qm
Rostfläche	4·6 qm	4·6 qm	4·6 qm	2·8 qm
Kesseldurchmesser	1778 mm	1778 mm	2032 mm	1778 mm
Kesseldruck	14 at	14 at	14 at	12·7 at

Es hieße den technischen Fortschritt aussperren, wenn man durch Jahre hinaus an feste Formen sich bindend, den ganzen Lokomotivbau normalisieren wollte. Ganz wörtlich dürften die Vorschläge der amerikanischen Fachgenossen auch in ihrer Heimat nicht genommen werden. Aber unleugbar wird dort, wie anderwärts, gegen die Einfachheit und Wirtschaftlichkeit des Lokomotivbetriebes viel dadurch gesündigt, daß oft kleine Änderungen, deren vielleicht zweifelhafter Wert nicht genügend erprobt ist, die Grundlage für die Aufstellung neuer Lokomotivtypen bilden.

In den nachstehenden Tabellen sind die gegenwärtig meist gebräuchlichen beinahe durchweg in den Jahren 1906 und 1907 zur Ausführung gelangten Bauformen der Lokomotiven gruppenweise zusammengefaßt. Es ist dabei den Zusammenstellungen folgende Klasseneinteilung zugrunde gelegt:

I. Lokomotiven für Hauptbahnen.
- **a) Personenlokomotiven (P).**
- **b) Güterlokomotiven (G).**
- **c) Verschublokomotiven (V).**

II. Lokomotiven für Stadt- und Vorortbahnen (S).
III. Lokomotiven für Nebenbahnen (N).
IV. Lokomotiven für Schmalspurbahnen (Kleinbahnen) (K).

Die Klassen zerfallen in Gruppen, die Gruppen sind in Reihen (Serien) aufgelöst.

Die Klassen sind durch den charakteristischen Buchstaben, die Gruppen durch das Kuppelungsverhältnis (in Bruchform), die Reihen (Serien) durch besondere Merkmale der Bauart gekennzeichnet.

Die Bauart einer Serie soll aus dem Typenausdruck möglichst erkennbar sein.

In den Typenbenennungen bezeichnet ferner:

2z . . . einfache Dampfdehnung (Zwilling)
3z . . . Drilling
4z . . . Doppelzwilling
2v . . . einfache Verbundwirkung (Verbund)
3v . . . Dreizylinderverbund
4v . . . Doppelverbund
h . . . Überhitzereinrichtung
t . . . Tenderlokomotive.

In den letzten Jahren ist es gebräuchlich worden, die Konstruktionswerte der Lokomotiven in alle möglichen Verhältnisse zu setzen, um gewisse Schlüsse darauf aufzubauen.

Bezeichnet man mit

D . . . den Triebraddurchmesser
H . . . die Gesamtheizfläche
H_f . . . die direkte Heizfläche
H_h . . . die Überhitzerheizfläche
R . . . die Rostfläche
d_h . . . den Hochdruckzylinderdurchmesser
d_n . . . den Niederdruckzylinderdurchmesser
$\mathfrak{V}_h$ . . . den Hochdruckzylinderinhalt
$\mathfrak{V}_n$ . . . den Niederdruckzylinderinhalt
s . . . den Kolbenhub
$\mathfrak{L}$ . . . die Gesamtlänge der Lokomotive
L . . . das Gesamtgewicht der Lokomotive
Q . . . das Reibungsgewicht der Lokomotive
Z . . . die Zugkraft der Lokomotive
N . . . die Leistung der Lokomotive
X . . . den Erstehungpreis der Lokomotive

dann werden folgende Verhältniszahlen gebildet:

$$\frac{H}{R} = \frac{\text{Gesamtheizfläche}}{\text{Rostfläche}}$$
$$\frac{H_f}{R} = \frac{\text{direkte Heizfläche}}{\text{Rostfläche}}$$
$$\frac{H_f}{H} = \frac{\text{direkte Heizfläche}}{\text{Gesamtheizfläche}}$$
$$\frac{H}{H_h} = \frac{\text{Gesamtheizfläche}}{\text{Überhitzerfläche}}$$
$$\frac{\mathfrak{V}_h}{\mathfrak{V}_n} = \frac{\text{Hochdruckzylinderinhalt}}{\text{Niederdruckzylinderinhalt}}$$
$$\frac{H}{\mathfrak{V}_h} = \frac{\text{Gesamtheizfläche}}{\text{Zylinderinhalt}}$$
$$\frac{H_h}{\mathfrak{V}_h} = \frac{\text{Überhitzerfläche}}{\text{Zylinderinhalt}}$$
$$\frac{R}{\mathfrak{V}_h} = \frac{\text{Rostfläche}}{\text{Zylinderinhalt}}$$
$$\frac{Q}{Z} = \frac{\text{Reibungsgewicht}}{\text{Zugkraft}}$$
$$\frac{L}{Z} = \frac{\text{Gesamtgewicht}}{\text{Zugkraft}}$$
$$\frac{Z \cdot D}{H} = \frac{\text{Zugkraft mal Triebraddurchmesser}}{\text{Gesamtheizfläche}}$$
$$\frac{Q}{H} = \frac{\text{Reibungsgewicht}}{\text{Gesamtheizfläche}}$$
$$\frac{L}{H} = \frac{\text{Gesamtgewicht}}{\text{Gesamtheizfläche}}$$
$$\frac{Z}{Q} = \frac{\text{Zugkraft}}{\text{Reibungsgewicht}}$$
$$\frac{N}{L} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Gesamtgewicht}}$$
$$\frac{L}{\mathfrak{L}} = \frac{\text{Gesamtgewicht}}{\text{Gesamtlänge}}$$
$$\frac{s}{D} = \frac{\text{Kolbenhub}}{\text{Triebraddurchmesser}}$$
$$\frac{d_h}{s} = \frac{\text{Hochdruckzylinderdurchmesser}}{\text{Kolbenhub}}$$
$$\frac{d_n}{s} = \frac{\text{Niederdruckzylinderdurchmesser}}{\text{Kolbenhub}}$$
$$\frac{L}{X} = \frac{\text{Gesamtgewicht}}{\text{Erstehungspreis}}$$

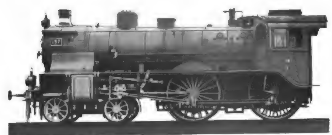
In den nachstehenden Tabellen wurde von der Aufnahme aller dieser Vergleichswerte abgesehen, da die auf solche Weise gebildeten Verhältniszahlen die verschiedenen Bauarten nicht immer in verläßlicher Weise aufzuschließen vermögen.

Zur Beurteilung bestimmter Konstruktionsarten genügt die Kenntnis der Konstruktionsgrundlagen. Der Einzelvergleich zwischen vergleichbaren Bauarten kann dann jederzeit durchgeführt werden.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 1. $\frac{2}{4}$-Zwilling mit Überhitzer der Preußischen Staatsbahnen, erbaut 1906 von der Maschinenbau-Akt.-Gesellsch., Breslau.



Lauf. Nr. 8. Bauart: $\frac{2}{4}$ $P\ 2zh$.

Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
1	○○◯◯	$\frac{2}{4}$ $P\ 2z$	New Orleans Railr. Co.	Baldwin, Philadelphia.
2	„	„	Dänische Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
3	„	„	Bayerische „	„ „
4	„	„	Ägyptische „	Henschel & Sohn, Cassel.
5	„	„	Midland Railway	Bahnwerkstätten Derby.
6	„	$\frac{2}{4}$ $P\ 2zh$	Preußische Staatsbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
7	„	„	Belgische „	Soc. An. de Haine-Saint-Pierre.
8	„	„	Preußische „	Masch.-Akt.-Ges. Breslau.
9	„	$\frac{2}{4}$ $P\ 2v$	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr. Winterthur.
10	„	„	Preußische Staatsbahnen	Els. Masch., Grafenstaden.
11	„	„	Französ. Nordbahn	„ „
12	„	„	Französ. Südbahn	„ „
13	„	„	Österr. Staatsbahnen	Erste Böhm.-Mähr. Masch.-Fabrik Prag.
14	„	„	Österr. Südbahn	Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wien.Nst.
14a	„	$\frac{2}{4}$ $P\ 2vh$	„ Staatsbahnen	Masch.-Fabr. d. St. E. G., Wien.
15	„	„	Oldenburg. Staatsbahn	Masch.-Akt.-Ges. Hannover.
16	„	$\frac{2}{4}$ $P\ 4z$	Lake Shore & Michigan Southern	Werkstätten Collinwood.
17	„	„ [1]	Glasgow & South Western Railway	?
18	„	$\frac{2}{4}$ $P\ 4v$	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr. Winterthur.
19	„	„	Els.-Lothr. Reichsbahnen	Els. Masch., Grafenstaden.

[1]) Diese Lokomotive stammt aus dem Jahre 1897. Seither sind Lokomotiven gleicher Art bei der London & South Western ausgeführt. Vgl. Troske, Allgemeine Maschinenkunde, Leipzig 1907, S. 259.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 2. $\frac{2}{5}$-Verbund der Österreichischen Staatsbahnen, erbaut 1906 von der Ersten Böhm.-Mähr. Maschinenfabrik, Prag.

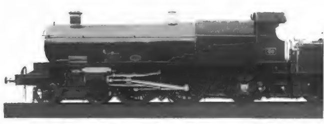
Lauf. Nr. 13. Bauart: $\frac{2}{5}$ *P 2v.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hoch-druck	Zylinderdurchm. Nieder-druck	Kolben-hub	Triebrad-durchm.	Achsen-stand	Dampf-druck	Rost-fläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Über-hitzer	Reibungs-gewicht	Gesamt-gewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
1	(457)[2]	—	610	1753	6883	14·1	2·4	173·4	—	38·0	56·4
2	(430)[3]	—	610	1846	6750	12	1·8	94·5	—	26·0	42·0
3	(430)[2]	—	610	1860	6670	12	2·2	120·5	—	28·0	50·5
4	(457)[2]	—	660	1905	7013	12·8	2·2	114·0	—	.	56·0
5	(483)[2]	—	600	1994	7430	15·5	2·6	144·7	—	.	58·1
6	(540)[2]	—	600	1980	7600	12	2·3	100·9	30·8	.	54·5
7	(500)[2]	—	660	1980	7188	13	2·1	102·1	24·5	35·1	57·8
8	(550)[2]	—	630	2100	8000	12	2·3	138·7	38·6	.	58·9
9	460	680	660	1830	7200	13	2·2	128·5	—	.	50·0
10	340	530	640	2130	7330	14	2·1	109·5	—	31·0	49·3
11	340	530	640	2130	7330	15	2·4	176·1	—	32·4	52·4
12	350	550	640	2130	7500	15	2·5	172·6	—	35·0	56·3
13	500	760	680	2140	7300	13	3·0	150·0	—	29·0	54·2
14	500	760	680	2140	7300	13	3·0	150·0	—	29·0	54·2
14a	520	760	680	2100	7300	15	3·0	145·8	27·7	.	.
15	457	686	587	1702	7391	12·4	2·3	119·3	14·3	.	51·7
16	(327)[4]	—	508	1600	7645	12·7	2·0	136·2	—	39·0	57·4
17	(318)[2] (368)[2]	—	610 660	2071	8200	11·5	1·7	112·0	—	32·3	49·3
18	(330)[2]	(510)[2]	600	1730	7000	14	2·2	130·0	—	.	48·0
19	(340)[2]	(530)[2]	640	1960	7450	15	2·3	169·9	—	32·0	53·5

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 3. $\frac{2}{5}$-Doppelzwilling der Great Western Railway (Engl.), erbaut 1906 von den Bahnwerkstätten in Swindon.



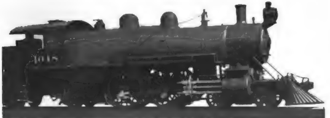
Lauf. Nr. 27. Bauart: $\frac{2}{5}$ $P\,4z$.

Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
20	○○◯◯○	$\frac{2}{5}$ $P\,2z$	Southern Pacific Comp.	Baldwin, Philadelphia.
21	„	„	Michigan Central Railr.	Amer. Locom. Comp.
22	„	„	K. K. Nordbahn	Lok.-F.vorm.Sigl, W.Neustadt.
23	„	$\frac{2}{5}$ $P\,2v$	Great Western Railway	Els. Masch., Grafenstaden.
24	„	„	Ung. Staatsbahnen	Ung. Staatseisenw., Budapest.
25	„	„	Französ. Nordbahn	Els. Masch., Grafenstaden.
26	„	$\frac{2}{5}$ $P\,2zh$	Chicago, Rock Island and Pacific Railway	Americ. Locom. Comp.
27	„	$\frac{2}{5}$ $P\,4z$	Great Western Railway	Swindon Works.
28	„	$\frac{2}{5}$ $P\,4v$	Dänische Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
29	„	„	Erie Railroad	Americ. Locom. Comp.
30	„	„	Badische Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
31	„	„	Ung. „	Ung. Staatseisenw., Budapest.
32	„	„	Preuß. „	Els. Masch., Grafenstaden.
33	„	„	Bayer. „	J. A. Maffei, München.
34	„	„	Chicago, Rock Island and Pacific Railway	Baldwin, Philadelphia.
35	„	„	Preußische Staatsbahnen	Masch.-Akt.-Ges. Hannover.
36	„	„	Atchison, Topeka and Santa Fé	Baldwin, Philadelphia.
37	„	„	New York Central and Hudson River Railr.	Americ. Locom. Comp.
38	„	„	Great Northern R. R. (Engl.)	Werkstätten, Doncaster.
39	„	„	Paris-Orléans-Bahn	Schneider, Le Creusot.
40	„	„	Chicago, Milwaukee & St. Paul Railway	Baldwin, Philadelphia.
41	„	$\frac{2}{5}$ $P\,4vh$	Pfälzische Eisenbahnen	J. A. Maffei, München.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 4. $\frac{3}{6}$-Doppelverbund der Chicago, Rock Island and Pacific Railway, erbaut 1907 von Baldwin Locomotive Works, Philadelphia.

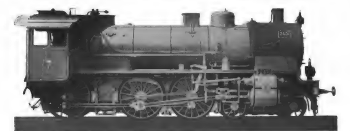


Lauf. Nr. 34. Bauart: $\frac{3}{6}$ *P* 4 *v*.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
20	(508)^2	—	711	2057	8407	14	4·6	246·6	—	47·6	88·9
21	(533)^2	—	660	2007	.	14	4·7	327·2	—	42·8	78·1
22	(470)^2	—	600	1960	8350	13	2·9	168·0	—	28·3	64·0
23	360	600	640	2045	8700	16	3·1	239·4	—	39·5	73·2
24	500	750	680	2100	.	13	2·8	189·0	—	31·0	64·7
25	340	560	640	2040	8200	16	2·7	211·3	—	33·5	64·5
26	(533)^2	—	660	1854	8369	13	4·2	221·9	?	48·6	86·7
27	(362)^4	—	660	2045	8458	15·8	2·5	199·0	—	40·2	75·7
28	(340)^2	(570)^2	600	1984	8950	15	3·2	204·5	—	32·0	67·1
29	(394)^2	(660)^2	660	1981	.	15·5	5·2	336·5	—	51·7	91·2
30	(335)^2	(570)^2	620	2100	10420	16	3·9	210·1	—	31·9	74·0
31	(360)^2	(620)^2	660	2100	9780	16	3·9	291·0	—	31·7	74·4
32	(340)^2	(560)^2	640	1980	8200	14	2·7	155·3	—	32·0	65·0
33	(340)^2	(570)^2	640	2000	8850	16	3·3	205·5	—	32·0	68·5
34	(381)^2	(635)^2	660	1854	9220	15·5	4·7	298·1	—	47·9	90·5
35	(370)^2	(580)^2	600	1980	10750	14	4·0	235·0	—	32·0	73·0
36	(381)^2	(635)^2	660	2006	9220	15·5	4·6	298·7	—	46·0	87·9
37	(394)^2	(660)^2	660	2006	9372	15·5	4·7	340·3	—	49·9	92·8
38	(360)^2	(584)^2	660	2030	8110	14	2·9	233·8	—	—	72·0
39	(360)^2	(600)^2	640	2040	8700	16	3·1	239·4	—	36·0	73·0
40	(381)^2	(639)^2	711	2159	9805	15·5	4·3	297·3	—	48·8	93·1
41	(360)^2	(590)^2	640	2010	10240	15	3·8	223·0	53·4	32·0	75·7

Personenlokomotiven.

Abb. 5. $\frac{3}{5}$-Zwilling mit Überhitzer der Preußischen Staatsbahnen, erbaut 1905 von der Berliner Masch.-Akt.-Ges., vorm. Schwartzkopff, Berlin.



Lauf. Nr. 51. Bauart: $\frac{3}{5}$ *P* 2*zh*.

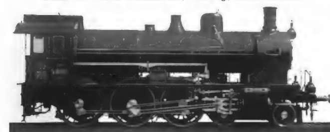
Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
42	← oo○○○	$\frac{3}{5}$ *P* 2*z*	K. K. Nordbahn	Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wiener Neustadt.
43	"	"	Canadian Northern	Americ. Locom. Comp.
44	"	"	Western Maryland Railroad Co.	Baldwin, Philadelphia.
45	"	"	Missouri, Kansas and Texas Railway	" , "
46	"	"	St. Louis and San Francisco Railway	Americ. Locom. Comp.
47	"	"	Grand Trunk Railway	" " "
48	"	$\frac{3}{5}$ *P* 2*zh*	K. K. Nordbahn	Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wiener Neustadt.
49	"	"	Moskau-Kasan-Bahn	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
50	"	"	Russ. Süd-Ost-Bahn	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
51	"	"	Preuß. Staatsbahnen	Schwartzkopff, Berlin.
52	"	$\frac{3}{5}$ *P* 2*v*	Ung. "	Ung. Staatseisenw., Budapest.
53	"	"	Französ. Südbahn	Els. Masch., Grafenstaden.
54	"	"	Belgische Staatsbahnen	Soc. An. Saint Léonard, Lüttich.
55	"	"	Italienische "	J. A. Maffei, München.
56	"	$\frac{3}{5}$ *P* 3*v*	Österr. Nord-West-Bahn	Masch.-Fbr. d. St.-E.-G., Wien.
57	"	$\frac{3}{5}$ *P* 4*z*[1])	London&SouthWesternR.	Bahnwerkstätten.
57a	"	"	Great Western Railway	Werkstätten Swindon.
58	"	$\frac{3}{5}$ *P* 4*zh*	Belgische Staatsbahnen	Soc. An. „La Meuse“, Lüttich
59	"	"	Sächsische "	Sächs. Masch., Chemnitz.

[1]) Die $\frac{3}{5}$-Lokomotiven werden häufig für schnelle Güterzüge in Verwendung genommen und mitunter auch als Güterlokomotiven bestellt (vgl. lfd. Nr. 63, 78, 79 und 85).

Google

Personenlokomotiven.

Abb. 6. $\frac{3}{5}$-Zwilling mit Überhitzer der Österr. k. k. Nordbahn, erbaut 1907 von der Lokom.-Fabrik, vorm. Sigl, Wiener Neustadt.



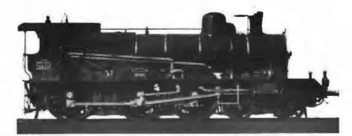
Lauf. Nr. 48. Bauart: $\frac{3}{5}$ $P\ 2zh$.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebrad-durchm.	Achsen-stand	Dampf-druck	Rost-fläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungs-gewicht	Gesamt-gewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
42	(480)[2]	—	630	1540	6850	13·0	2·8	178·9	—	41·9	60·3
43	(457)[2]	—	610	1600	.	14·1	2·7	173·3	—	46·8	62·1
44	(559)[2]	—	660	1626	7544	14·1	3·3	241·2	—	62·6	79·7
45	(483)[2]	—	660	1727	7493	14·1	2·7	216·3	—	47·5	67·5
46	(533)[2]	—	660	1753	8179	14·1	4·4	246·6	—	61·7	83·0
47	(508)[2]	—	660	1854	.	15·8	3·1	224·4	—	61·2	81·5
48	(540)[2]	—	630	1670	7600	12·0	3·3	153·3	41·3	43·6	66·4
49	(540)[2]	—	600	1700	7840	12·0	2·3	149·8	31·0	44·3	68·4
50	(575)[2]	—	600	1700	7840	12·0	2·3	146·2	32·7	44·8	66·4
51	(590)[2]	—	630	1750	8350	12·0	2·6	200·0	49·4	48·0	69·8
52	510	750	650	1606	7170	13·0	2·6	163·6	—	42·7	57·7
53	350	550	640	1750	7600	15·0	2·5	181·7	—	47·0	62·5
54	360	600	640	1800	7550	15·2	4·1	176·7	—	.	74·1
55	540	800	680	1834	8315	14·0	2·6	133·0	—	45·0	68·0
56	490	(600)[2]	650	1770	8300	13·5	3·1	198·6	—	42·0	63·3
57	(406)[4]	—	610	1829	8103	12·3	2·9	253·3	—	51·9	74·2
57a	(381)[4]	—	660	2045	8260	15·8	2·5	199·0	—	56·4	76·9
58	(435)[4]	—	610	1980	8745	14·0	3·0	194·7	39·0	54·0	82·0
59	(430)[4]	—	630	1885	8500	12·0	2·7	187·0	41·0	48·0	74·0

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 7. $\frac{3}{5}$-Doppelverbund der Paris-Lyon-Méditérrannée-Bahn, erbaut 1906 von der Société Franco-Belge, La Croyère.



Lauf. Nr. 72. Bauart: $\frac{3}{5}$ $P\ 4\ v$.

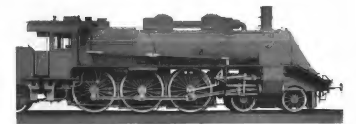
Lauf. Nr.	Bauart		erbaut	
			für	von
60	← oo◯◯◯	$\frac{3}{5}$ $P\ 4\ v$	Portugies. Staatsbahnen	A. Borsig, Berlin-Tegel.
61	„	„	Gotthardbahn	Lok.-Fabr., Winterthur.
62	„	„	Bulgar. Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
63	„	$\frac{3}{5}$ $PG\ 4\ v$	Paris-Lyon-Médit.-Bahn	Cie des Fives-Lille.
64	„	$\frac{3}{5}$ $P\ 4\ v$	Missouri, Kansas and Texas Railway	Baldwin, Philadelphia.
65	„	„	Österr. Nord-West-Bahn	Masch.-Fabr. d. St.-Eisenb.-Ges., Wien.
66	„	„ [1])	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
67	„	„	Öst.-Ung. Staats-Eisenb.-Gesellschaft	Masch.-Fabr. d. St.-Eisenb.-Ges., Wien.
68	„	„	Els.-Lothr. Reichsbahnen	Els. Masch., Grafenstaden.
69	„	„	Bayerische Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
70	„	„ [2])	Italienische „	E. Breda, Mailand.
71	„	„	Bagdad-Bahn	Henschel & Sohn, Cassel.
72	„	„	Paris-Lyon-Médit.-Bahn	Soc. Franco-Belge, La Croyère.
73	„	„	Französ. Ostbahn	Werkst. Epernay.
74	„	$\frac{3}{5}$ $P\ 4\ vh$	Gotthardbahn	J. A. Maffei, München.
75	„	„	Belgische Staatsbahnen	J. Cockerill, Seraing.
76	„	„	Bayerische „	J. A. Maffei, München.
77	„	„	Sächsische „	Sächs. Masch., Chemnitz.
77a	„	„	Französ. Westbahn	Henschel & Sohn, Cassel.

[1]) Mit Brotankessel.
[2]) Mit vorausgestelltem Führerhaus.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 8. $\frac{3}{5}$-Doppelzwilling mit Überhitzer der Sächsischen Staatsbahnen, erbaut 1907 von der Sächsischen Maschinenfabrik, Chemnitz.



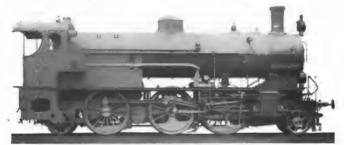
Lauf. Nr. 59. Bauart: $\frac{3}{5}$ *P 4zh.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
60	$(350)^2$	$(550)^2$	650	1546	8230	14	2·9	170·0	—	41·0	59·0
61	$(370)^2$	$(600)^2$	600	1610	7940	15	2·4	155·8	—	.	64·7
62	$(380)^2$	$(610)^2$	660	1640	7940	13	2·5	139·7	—	40·4	56·6
63	$(340)^2$	$(540)^2$	650	1650	7885	15	2·5	190·0	—	43·9	61·1
64	$(381)^2$	$(635)^2$	660	1727	8407	15·5	2·9	246·6	—	55·8	78·2
65	$(350)^2$	$(600)^2$	650	1770	8300	13·5	3·1	198·6	—	42·0	63·9
66	$(360)^2$	$(570)^2$	660	1780	8350	15	2·7	168·8	—	.	64·2
67	$(350)^2$	$(580)^2$	650	1820	8680	13	3·1	186·0	—	42·0	65·0
68	$(340)^2$	$(560)^2$	640	1850	8000	16	2·7	209·0	—	48·0	68·0
69	$(335)^2$	$(570)^2$	640	1870	8850	14	3·3	210·0	—	47·8	70·8
70	$(360)^2$	$(590)^2$	650	1920	8200	15	3·0	206·0	—	.	.
71	$(340)^2$	$(560)^2$	650	1980	8200	15	2·7	211·4	—	46·7	67·5
72	$(340)^2$	$(540)^2$	650	2000	8530	16	3·0	221·2	—	50·0	70·3
73	$(360)^2$	$(590)^2$	680	2090	8890	15	3·2	234·9	—	53·2	76·8
74	$(395)^2$	$(635)^2$	640	1610	8635	15	3·3	236·0	47·4	.	72·0
75	$(360)^2$	$(620)^2$	680	1800	8200	15·5	3·0	217·5	41·5	51·5	82·3
76	$(360)^2$	$(590)^2$	640	1870	8850	16·0	3·3	198·0	34·5	46·2	69·6
77	$(430)^2$	$(680)^2$	630	1885	8500	15·0	2·7	187·0	41·0	48·0	74·0
77a	$(380)^2$	$(550)^2$	640	1940	8220	15·0	2·8	135·0	38·0	.	70·1

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 9. $\frac{3}{5}$-Verbund mit Überhitzer der Österr. Staatsbahnen, erbaut 1907 von der Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.



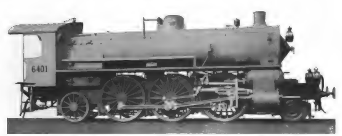
Lauf. Nr. 86. Bauart: $\frac{3}{5}$ *P* 2 *vh*.

Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
78	oOOOo	$\frac{3}{5}$ *G* 2 *z*	Chicago, Burlington and Quincy Railway Co.	Baldwin, Philadelphia.
79	„	„	Wabash Railroad	Americ. Locom. Co.
80	„	$\frac{3}{5}$ *P* 2 *z*	Lake Shore and Michigan Southern Railway	Baldwin, Philadelphia.
81	„	„	Pennsylvania Railway	„ „
82	„	„	El Paso and North-Eastern Railway Co.	„ „
83	„	$\frac{3}{5}$ *P* 2 *zh*	Aussig-Teplitzer Eisenb.	Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wiener Neustadt.
84	„	$\frac{3}{5}$ *P* 2 *v*	Atchison, Topeka and St. Fé	Baldwin, Philadelphia.
85	„	$\frac{3}{5}$ *G* 2 *v*	Minneapolis, St. Paul and Sault Ste. Marie	American Locom. Comp.
86	„	$\frac{3}{5}$ *P* 2 *vh*	Österr. Staatsbahnen	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.
87	„	$\frac{3}{5}$ *Pt* 2 *z*	Badische „	J. A. Maffei, München.
88	„	„	Thunersee-Bahn	Lok.-Fabr., Winterthur.
89	„	„	Schwedische Bahnen	Krauss & Co., München.
90	„	$\frac{3}{5}$ *Pt* 2 *v*	Italien. Staatsbahnen	G. A. Armstrong & Co., Sampierdarena bei Genua.
91	„	„	Österr. „	I. Böhm.-Mähr. M.-Fabr., Prag.
92	„	$\frac{3}{5}$ *P* 4 *v*	„ „	Wiener L.-F. A.-G., Wien-Flor.
92a	„	„	Ungar. „	Ung. St.-Eisenwerke, Budapest.
93	„	„	Northern Pacific	American Locom. Comp.
94	„	„	Italien. Staatsbahnen	E. Breda, Mailand.
94a	„	$\frac{3}{5}$ *P* 4 *vh*	Österr. „	Wiener Lok.-Fabr. A.-G., Wien-Floridsdorf.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 10. $\frac{3}{6}$-Doppelverbund der Italien. Staatsbahnen, erbaut 1907 von der Società Italiana Ernesto Breda, Mailand.



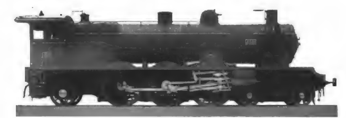
Lauf. Nr. 94. Bauart: $\frac{3}{6}$ *P* 4*v*.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
78	$(533)^2$	—	660	1753	8611	14·1	3·9	283·9	—	61·0	82·5
79	$(559)^2$	—	711	1778	9360	14·1	5·2	330·6	—	64·9	92·1
80	$(546)^2$	—	711	2006	10439	14·1	5·1	360·4	—	74·9	105·7
81	$(546)^2$	—	711	2032	10439	14·1	5·1	369·4	—	75·7	106·4
82	$(533)^2$	—	711	1753	9601	12·7	5·0	327·0	—	56·8	83·4
83	$(540)^2$	—	630	1620	8510	13	3·7	250·0	47·6	40·5	60·0
84	432	711	711	2007	9804	14·1	5·0	347·3	—	65·6	95·7
85	571	889	660	1600	8915	14·1	3·6	208·4	—	60·3	86·9
86	450	690	720	1614	8000	15	3·0	172·0	43·1	43·0	59·7
87	$(435)^2$	—	630	1480	8400	13	1·8	118·6	—	40·2	62·2
88	$(440)^2$	—	600	1320	7500	12	1·7	113·1	—	.	55·2
89	$(400)^2$	—	570	1400	7000	12	1·5	89·1	—	30·5	46·5
90	460	700	600	1500	8400	13	2·4	152·0	—	.	64·0
91	420	650	720	1575	8000	14	2·0	106·1	—	42·0	67·1
92	$(370)^2$	$(630)^2$	720	1820	9490	15	4·0	257·9	—	42·9	69·1
92a	$(360)^2$	$(620)^2$	660	1606	9159	16	3·9	256·8	—	46·5	71·2
93	$(419)^2$	$(699)^2$	660	1753	.	15·5	4·0	270·3	—	71·2	108·9
94	$(360)^2$	$(590)^2$	650	1850	.	16·5	3·5	243·0	—	45.0	70·7
94a	$(370)^2$	$(630)^2$	720	1780	9490	15	4·0	248·3	58·9	42·9	69·4

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 11. $\frac{3}{6}$-Doppelverbund der Paris-Orléans-Bahn, erbaut 1907 von der Elsäss. Masch.-Ges., Belfort.

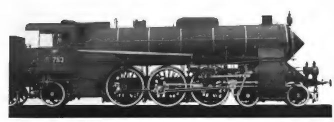


Lauf. Nr. 109. Bauart: $\frac{3}{6}$ $P\,4v$.

Lauf. Lr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
95	oo◯◯◯o	$\frac{3}{6}$ $P\,2z$	Mexikan. Nationalbahnen	Americ. Locom. Comp.
96	„	„	Central of Georgia Railw.	Baldwin, Philadelphia.
97	„	„	Southern Railway Co.	„ „
98	„	„	New York C. and Hudson R. R.	Americ. Locom. Comp.
98a	„	„	„ „	„ „ „
99	„	„	Chicago, Burlington and Quincy Railway	Baldwin, Philadelphia.
100	„	„	Baltimore and Ohio Rr.	Americ. Locom. Comp.
101	„	„	Chicago and Alton Railw.	Baldwin, Philadelphia.
102	„	„	Pennsylvania Railroad	Americ. Locom. Comp.
103	„	$\frac{3}{6}$ $P\,2zh$	Erie Railroad	„ „ „
103a	„	„	Atchinson, Topeka and Santa Fé	Baldwin, Philadelphia.
104	„	$\frac{3}{6}$ $P\,4v$	Mexikan. Nationalbahnen	Americ. Locom. Comp.
105	„	„	„ „	Baldwin, Philadelphia.
106	„	„	Northern Pacific	Americ. Locom. Comp.
107	„	„	Atchison, Topeka and Santa Fé	Baldwin, Philadelphia.
108	„	„	Oregon Railroad	„ „
109	„	„	Paris-Orléans-Bahn	Els. Masch.-Ges., Belfort.
109a	„	$\frac{3}{6}$ $P\,4zh$	Great Western R.	Werkstätten Swindon.
110	„	$\frac{3}{6}$ $P\,4vh$ [1])	Badische Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
110a	„	„	Württemb. „	Masch. Esslingen.

Personenlokomotiven.

Abb. 12. $\frac{3}{6}$-Doppelverbund mit Überhitzer der Badischen Staatsbahnen, erbaut 1907 von J. A. Maffei, München.



Lauf. Nr. 110. Bauart: $\frac{3}{6}$ P $4vh$.

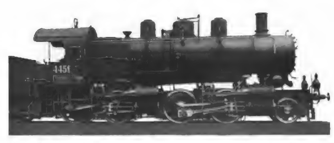
Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
95	$(559)^2$	—	711	1702	10058	14·1	4·8	352·8	—	64·1	100·9
96	$(508)^2$	—	711	1727	9258	14·1	4·3	311·9	—	51·6	85·2
97	$(559)^2$	—	711	1842	9560	15·5	5·0	360·3	—	62·8	100·0
98	$(533)^2$	—	711	1854	.	14·1	4·7	321·2	—	58·1	92·8
98a	$(559)^2$	—	711	2007	11125	14·1	5·3	391·1	—	77·8	120·6
99	$(559)^2$	—	711	1880	9982	14·8	5·0	365·4	—	68·6	104·8
100	$(559)^2$	—	711	1880	.	14·1	5·3	317·5	—	67·4	102·7
101	$(559)^2$	—	711	1956	10160	14·1	4·6	283·2	—	64·0	100·7
102	$(607)^2$	—	660	2032	10732	14·8	5·7	411·3	—	78·7 [1]	122·1
103	$(571)^2$	—	660	1880	10261	14·1	5·2	309·0	?	67·6	106·6
103a	$(635)^2$	—	711	1854	10490	11·3	4·6	350·1	70·5	63·6	105·6
104	$(419)^2$	$(686)^2$	660 711	1702	10363	15·5	4·8	352·9	—	68·0	109·3
105	$(432)^2$	$(711)^2$	711	1702	10337	15·5	4·8	344·9	—	66·7	103·2
106	$(419)^2$	$(699)^2$	660	1753	10185	15·5	4·0	270·2	—	71·2	108·9
107	$(432)^2$	$(711)^2$	711	1854	10363	15·5	5·0	334·0	—	68·9	102·8
108	$(432)^2$	$(711)^2$	711	1956	10236	14·1	4·6	283·2	—	65·1	104·9
109	$(390)^2$	$(640)^2$	650	1850	10500	16·0	4·3	257·3	—	54·0	90·0
109a	$(381)^4$	—	660	2045	10552	15·8	3·9	314·3	50·5	61·0	98·8
110	$(425)^2$	$(650)^2$	670	1800	11230	16·0	4·5	260·0	40·0	48·0	85·0
110a	$(420)^2$	$(620)^2$	612	1800	11040	15·0	3·9	261·0	53·0	48·0	85·0

[1]) Die Triebachse ist mit 26·2 t belastet.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 13. ($\frac{2}{3}+\frac{2}{2}$)-Doppelverbund (Mallet) der Ungar. Staatsbahnen, erbaut 1906 von den Ungar. Staatseisenwerken, Budapest.



Lauf. Nr. 111. Bauart: ($\frac{2}{3}+\frac{2}{2}$) *P* 4*v*.

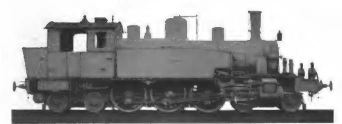
Lauf. Nr.	Bauart	erbaut für	erbaut von
111	($\frac{2}{3}+\frac{2}{2}$) *P* 4*v*	Ungar. Staatsbahnen	Ungar. Staatseisenwerke, Budapest.
112	$\frac{2}{5}$ *Pt* 2*z*	Französ. Nordbahn	Werkstätte, Paris.
113	„ $\frac{2}{5}$ *P* 3*v*	Preußische Staatsbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
114	„ $\frac{2}{6}$ *P* 4*vh*	Bayerische „	J. A. Maffei, München.
115	$\frac{2}{5}$ *Pt* 2*z*	Pfälzische Eisenbahnen	Krauss & Co., München.
115a	„ $\frac{3}{6}$ *P* 4*vh*	Österr. Staatsbahnen	Wiener Lok.-Fabr. A.-G., Wien-Floridsdorf.
116	$\frac{3}{6}$ *Pt* 2*z*	Madrid-Saragossa-Alicante-Eisenbahn [1])	J. A. Maffei, München.
117	„ „	Brasilian. Zentralbahn [2])	Americ. Locom. Company.
118	„ $\frac{3}{6}$ *Pt* 3*v*	Italien. Staatsbahnen	Sächs. Masch., Chemnitz.
119	„ $\frac{3}{6}$ *Pt* 4*v*	Französ. Ostbahn	Els. Masch., Grafenstaden.
120	„ „	Els.-Lothr. Reichsbahnen	„ „ „
121	„ $\frac{3}{6}$ *Pt* 4*vh*	Preußische Staatsbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.

[1]) 1672 mm Spurweite.
[2]) 1600 mm Spurweite.

Digitized by Google

Personenlokomotiven.

Abb. 14. $\frac{3}{5}$-Tenderdreizylinderverbund der Italien. Staatsbahnen, erbaut 1906 von der Sächs. Maschinenfabrik, Chemnitz.



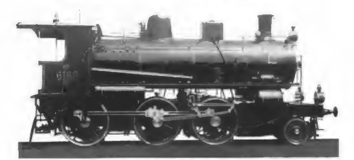
Lauf. Nr. 118. Bauart: $\frac{3}{5}$ *Pt* 3 *v*.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hoch-druck	Zylinderdurchm. Nieder-druck	Kolben-hub	Triebrad-durchm.	Achsen-stand	Dampf-druck	Rost-fläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Über-hitzer	Reibungs-gewicht	Gesamt-gewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
111	$(390)^2$	$(635)^2$	650	1440	8710	16	3·6	235·8	—	63·0	71·5
112	$(430)^2$	—	600	1664	8750	12	2·0	120·5	—	32·3	63·1
113	524	$(524)^2$	630	2200	11485	14	4·4	259·8	—	32·0	86·0
114	$(410)^2$	$(610)^2$	640	2200	11700	14	4·7	252·5	38·5	32·0	80·0
115	$(500)^2$	—	560	1500	9150	13	2·3	155·7	—	48·0	86·5
115a	$(390)^2$	$(660)^2$	720	2100	10450	15	4·6	292·4	69·9	.	.
116	$(440)^2$	—	630	1544	10100	12	2·9	172·0	—	39·0	71·5
117	$(457)^2$	—	610	1575	10363	12·7	2·3	149·8	—	50·0	79·8
118	430	$(460)^2$	640	1500	9500	15	1·8	98·4	—	40·5	75·0
119	$(350)^2$	$(550)^2$	640	1580	10800	15	2·6	148·7	—	47·2	90·2
120	$(340)^2$	$(530)^2$	640	1650	10400	14	2·0	123·4	—	42·0	85·8
121	$(420)^2$	$(630)^2$	630	1750	13700	14	4·1	235·0	?	48·0	106·5

Digitized by Google

Personen- und Güterlokomotiven.

Abb. 15. 3/5-Verbund der Italienischen Staatsbahnen, erbaut 1907 von der Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wiener Neustadt.



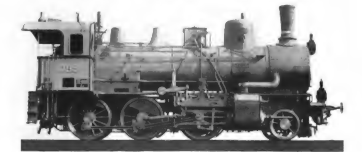
Lauf. Nr. 134. Bauart: 3/5 P 2v.

Lauf. Nr.	Bauart	erbaut für	erbaut von
122	3/5 G 2v	Bayer. Staatsbahnen	Krauss & Co., München.
123	"	Oldenburg. "	Masch.-Ges., Hannover.
124	"	Italien. "	Masch.-F. Saronna bei Mailand.
125	3/5 G 2zh	Preuß. "	Masch.-Akt.-Ges., Breslau.
126	3/5 G 2z	Anatolische Bahnen	J. A. Maffei, München.
127	"	Dänische Staatsbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
128	"	Peking-Hankow	Soc. An. de Haine-St.-Pierre.
129	3/5 P 2z	Vandalia Railroad.	Americ. Locom. Comp.
130	3/5 G 2zh	Österr. Nord-West-Bahn	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.
131	"	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
132	"	Öster.-ungar. St.-Eisenb.-Ges.	Masch.-Fabr. der St.-Eisenb.-Ges., Wien.
133	"	Preuß. Staatsbahnen	Schwartzkopff, Berlin.
134	3/5 P 2v	Italien. "	Lok.-Fabr. vorm Sigl, Wiener Neustadt.
135	"	Nikolajewer Eisenbahn	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
136	"	Italien. Staatsbahnen	Armstrong & Co., Genua.
137	3/5 G 2v	Sardinische Bahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
138	"	Österr. Südbahn	Ung. Staatseisenw., Budapest.
139	3/5 G 2vh	" Staatsbahnen	Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wiener Neustadt.
140	3/5 Gt 2v	" "	Lok.-Fabr. vorm. Sigl, Wiener Neustadt.
141	4/5 G 3v	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.

Digitized by Google

Personen- und Güterlokomotiven.

Abb. 16. $\frac{3}{4}$-Zwilling mit Überhitzer der Österr. Nord-West-Bahn, erbaut 1906 von der Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.

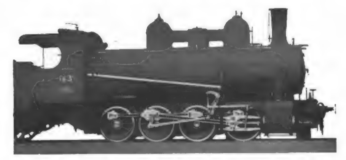


Lauf. Nr. 130. Bauart: $\frac{3}{4}$ *G 2zh.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hoch-druck	Zylinderdurchm. Nieder-druck	Kolben-hub	Triebrad-durchm.	Achsen-stand	Dampf-druck	Rost-fläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungs-gewicht	Gesamt-gewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
122	500	705	630	1330	3200	13	1·7	125·8	—	42·3	42·3
123	460	650	630	1340	3400	12	1·5	126·1	—	41·0	41·0
124	460	700	640	1500	3600	14	1·9	141·4	—	45·7	45·7
125	(500)^2	—	600	1350	3400	12	1·5	84·8	16·4	42·0	42·0
126	(450)^2	—	630	1330	6330	10	2·1	133·2	—	40·0	47·6
127	(430)^2	—	610	1384	6500	12	1·8	106·8	—	36·0	43·6
128	(500)^2	—	650	1500	6740	10	2·6	146·0	—	44·0	52·0
129	(533)^2	—	711	1600	7264	14·1	4·8	272·7	—	72·3	84·8
130	(510)^2	—	632	1404	6220	12	2·7	125·6	11·7	42·0	55·1
131	(540)^2	—	600	1520	6400	12	2·3	137·9	26·2	.	55·4
132	(520)^2	—	650	1540	6200	13	2·7	185·2	33·5	42·0	53·6
133	(540)^2	—	630	1600	6450	12	2·3	131·6	31·7	45·0	58·0
134	410	650	700	1520	.	16	2·3	170·7	—	.	54·9
135	500	730	650	1700	7440	12	2·2	161·7	—	42·9	56·3
136	430	680	700	1810	6750	16	2·4	173·0	—	.	54·5
137	440	650	630	1300	5900	12	1·6	105·7	—	.	40·8
138	520	740	632	1300	5500	13	2·7	144·7	—	42·4	53·5
139	520	740	632	1258	5500	13	2·7	144·7	24·7	42·3	52·0
140	420	650	720	1575	6450	14	2·0	110·2	—	43·5	57·5
141	500	(540)^2	600	1520	6310	14	2·3	135·8	—	.	56·0

Güterlokomotiven.

Abb. 17. $\frac{4}{4}$-Zwilling mit Überhitzer der Gotthardbahn, erbaut 1906 von der Schweizer. Lok.- und Masch.-Fabr., Winterthur.



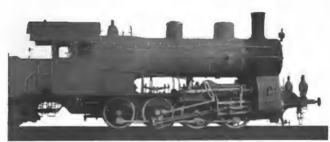
Lauf. Nr. 148. Bauart: $\frac{4}{4}$ $G\,2zh$.

Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
142	○○○○	$\frac{4}{4}$ $G\,2z$	Österr. Staatsbahnen	I. Böhm.-Mähr. Masch.-Fabr., Prag.
143	„	„	Italien. „	Ung. Staatseisenw., Budapest.
144	„	„	Preuß. „	A. Borsig, Berlin-Tegel.
145	„	„	Pfälzische Eisenbahnen	J. A. Maffei, München.
146	„	„	Damas-Hamah-Eisenb.	Cail, Paris.
147	„	„	Madrid - Saragossa - Alicante-Eisenb.[1])	J. A. Maffei, München.
148	„	$\frac{4}{4}$ $G\,2zh$	Gotthardbahn	Lok.-Fabr., Winterthur.
149	„	„	Preuß. Staatsbahnen	Vulkan, Stettin.
150	„	$\frac{4}{4}$ $Gt\,2z$	Lokalbahn-Ges., München	Krauss & Co., München.
151	„	„	Irkutsk - Schtscherbinsk-Bahn	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
152	„	$\frac{4}{4}$ $G\,2v$[2])	Russ. Süd-Ost-Bahnen	Briansker Eisenwerke, Bejitza.
153	„	„	Preuß. Staatsbahnen.	Henschel & Sohn, Cassel.
154	„	„	Pfälzische Eisenbahnen	Krauss & Co., München.
155	„	„	Französ. Nordbahn	Bahnwerkstätten.
156	„	$\frac{4}{4}$ $Gt\,2v$	Österr. Staatsbahnen	Krauss & Co., Linz a. D.
157	„	$\frac{4}{4}$ $G\,4v$	Paris-Lyon-Médit.	Ateliers d'Arles.
158	„	„	Lancashire and Yorkshire (Engl.)	Werkst., Horwich.

[1]) 1672 mm Spurweite.
[2]) Mit Brotankessel.

Güterlokomotiven.

Abb. 18. $\frac{4}{4}$-Verbund der Pfälzischen Eisenbahnen, erbaut 1907 von der Lok.-Fabr. A. G. Krauss & Co., München.



Lauf. Nr. 154. Bauart: $\frac{4}{4}$ *G* 2*v*.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
142	(500)^2	—	570	1100	3900	11	2·3	182·0	—	55·1	55·1
143	(530)^2	—	610	1210	4100	10	2·2	166·7	—	59·5	59·5
144	(520)^2	—	630	1250	4500	12	2·3	153·1	—	52·3	52·3
145	(530)^2	—	630	1250	4450	12	2·3	145·7	—	54·8	54·8
146	(520)^2	—	630	1300	4200	11·5	2·2	160·0	—	50·0	50·0
147	(500)^2	—	650	1302	4140	12	2·6	136·7	—	51·2	51·2
148	(520)^2	—	630	1230	4200	15	2·2	176·6	35·0	60·0	60·0
149	(600)^2	—	660	1350	4500	12	2·3	132·3	31·7	54·6	54·6
150	(540)^2	—	560	1110	4200	12	2·0	123·3	—	57·2	57·2
151	(500)^2	—	650	1200	3890	10·5	2·9	135·2	—	61·6	61·6
152	500	730	650	1200	.	13	1·9	149·0	—	53·0	53·0
153	530	750	630	1250	4500	12	2·3	140·6	—	53·6	53·6
154	540	810	660	1250	4500	13	2·5	172·5	—	56·3	56·3
155	380	660	650	1300	4250	10	2·1	124·3	—	52·8	52·8
156	420	650	570	1100	3700	13	1·7	100·0	—	46·0	46·0
157	(340)^2	(520)^2	650	1300	4870	15	2·3	217·4	—	54·6	54·6
158	(394)^2	(559)^2	660	1372	4978	12·7	2·1	177·8	—	60·2	60·2

Digitized by Google

Güterlokomotiven.

Abb. 19. $\frac{4}{5}$-Verbund der Italienischen Staatsbahnen, erbaut 1907 von Henschel & Sohn, Cassel.

Lauf. Nr. 171. Bauart: $\frac{4}{5}$ *G* 2 *v*.

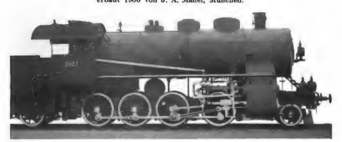
Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
159	○◯◯◯◯	$\frac{4}{5}$ *G* 2 *z*	Bayerische Staatsbahnen	Krauss & Co., München.
160	„	„	Western and Maryland R. Co.	Baldwin, Philadelphia.
161	„	„	Central Railroad of New Jersey	Americ. Locom. Comp.
162	„	„	Southern Pacific Co.	Baldwin, Philadelphia.
163	„	„	Deleware and Hudson Co.	Americ. Locom. Comp.
164	„	„	Baltimore and Ohio Railr.	„ „ „
165	„	„	Chicago, Rock Island and Pacific Railway Co.	Baldwin, Philadelphia.
166	„	$\frac{4}{5}$ *G* 2 *zh*[1])	Pittsburg, Shawmut and Northern Railway	„ „
166a	„	„	Atchison, Topeka and Santa Fé	„ „
167	„	$\frac{4}{5}$ *G* 2 *v*	Sächsische Staatsbahnen	Sächs. Masch.-Fabr., Chemnitz.
168	„	„	Wladikawka-Eisenbahn	Henschel & Sohn, Cassel.
169	„	„	Anatolische Bahnen	A. Borsig, Berlin-Tegel.
170	„	„	Norweg. Staatsbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
171	„	„	Italien. „	Henschel & Sohn, Cassel.
172	„	„	Paris-Orléans-Bahn	Els. Masch., Grafenstaden.
173	„	$\frac{4}{5}$ *G* 2 *vh*	Soo Line (Am.)	Americ. Locom. Comp.
174	„	$\frac{4}{5}$ *G* 4 *v*	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
175	„	„	Bad. Staatsbahnen	Masch.-Fabr., Karlsruhe.
176	„	„	Französ. Ostbahn	Els. Masch., Belfort.
177	„	$\frac{4}{5}$ *G* 4 *vh*	Gotthardbahn	J. A. Maffei, München.

[1]) Kesseldurchm. 2136 mm, Achsendruck = 26·4 t.

Digitized by Google

Güterlokomotiven.

Abb. 20. $\frac{4}{5}$-Doppelverbund mit Überhitzer der Gotthardbahn, erbaut 1906 von J. A. Maffei, München.



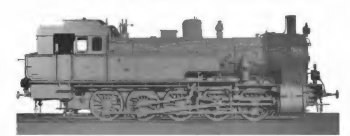
Lauf. Nr. 177. Bauart: $\frac{4}{5}$ *G 4vh.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
159	(540)^2	—	610	1270	7100	12·0	2·9	202·1	—	56·0	65·0
160	(559)^2	—	711	1295	6959	14·1	3·5	242·8	—	74·4	81·4
161	(508)	—	813	1397	.	14·1	7·6	294·7	—	83·0	92·2
162	(559)^2	—	762	1448	7417	14·1	4·6	315 6	—	84·8	94·3
163	(584)^2	—	762	1448	7900	14·8	9·3	375·8	—	98·7	111·8
164	(589)^2	—	762	1524	.	14·1	5·3	257·8	—	83·2	94·8
165	(584)^2	—	762	1600	7920	14·1	4·6	270·5	—	80·4	90·5
166	(711)^2	—	813	1600	8077	11·2	5·6	461·1	77·5	105·6	118·0
166a	(610)^2	—	813	1448	7467	11·2	4·4	272·2	55·7	83·1	96·3
167	530	770	630	1240	7760	14·0	3·0	180·0	—	60·0	70·6
168	530	750	650	1250	6750	12·0	2·5	180·5	—	51·8	62·3
169	520	780	630	1250	6850	13·0	2·3	160·0	—	.	61·5
170	550	820	640	1250	6700	13·0	2·8	177·7	—	.	71·6
171	490	750	700	1370	7300	16·0	2·8	200·0	—	56·4	66·0
172	390	600	650	1550	7350	16·0	3·1	239·4	—	64·5	74·0
173	584	889	864	1600	7900	14·8	4·4	238·3	?	78·9	91·2
174	(370)^2	(600)^2	640	1330	7500	14·0	2·4	174·2	—	.	66·3
175	(390)^2	(635)^2	640	1350	7500	16·0	3·8	250·0	—	64·0	74·0
176	(390)^2	(600)^2	650	1400	7050	15·0	2·8	251·3	—	64·5	71·8
177	(395)^2	(635)^2	640	1350	7520	15·0	4·1	254·2	41·0	.	76·4

Digitized by Google

Güterlokomotiven.

Abb. 21. $\frac{5}{5}$-Tenderzwilling mit Überhitzer der Preußischen Staatsbahnen, erbaut 1907 von der Berliner Masch.-Akt.-Ges., vorm. Schwartzkopff, Berlin.



Lauf. Nr. 187. Bauart: $\frac{5}{5}$ *Gt 2zh*

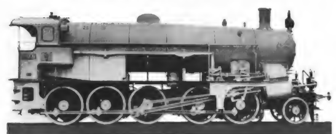
Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
178	[illegible]	$\frac{4}{5}$ *G 2z*	Norfolk and Western Railway (Am.)	Baldwin, Philadelphia.
179	„	$\frac{4}{5}$ *G 2v*	Italienische Staatsbahnen	E. Breda, Mailand.
180	[illegible]	$\frac{4}{6}$ *G 2z*	Lake Champlain and Moriah Railroad Co.	Baldwin, Philadelphia.
181	„	„	Deepwater Railway	„ „
182	„	„	Northern Pacific	Americ. Locom. Comp.
183	„	$\frac{8}{10}$ *G 4v*	„ „	„ „
184	[illegible]	$\frac{4}{7}$ *Gt 3z*[1]	Great Central Railway	Beyer, Peacock & Co., Manchest.
185	[illegible]	$\frac{5}{6}$ *G 2z*	Lake Shore and Michigan Southern R.	Americ. Locom. Comp.
186	„	$\frac{5}{5}$ *Gt 2z*	Pfälz. Eisenbahnen	Krauss & Co., München.
187	„	$\frac{5}{5}$ *Gt 2zh*	Preuß. Staatsbahnen	Schwartzkopff, Berlin
188	„	$\frac{5}{5}$ *G 2v*	Österr. „	Lok.-Fabr. vrm. Sigl., W.-Neust.
189	„	„	Sächs. „	Sächs. Masch., Chemnitz.
190	„	„	Württemb. „	Maschinenfabrik Esslingen.
191	„	$\frac{6}{6}$ *G 4v*	Italienische „	J. A. Maffei, München.
192	[illegible]	$\frac{5}{6}$ *G 2z*	Buffalo, Rochester and Pittsburg R.	Americ. Locom. Comp.
193	„	$\frac{6}{6}$ *G 4v*	Els.-Lothr. Reichsbahnen	Els. Masch., Grafenstaden.
194	„	„	Minneapolis-St. Paul Rr.	Baldwin, Philadelphia.
195	„	„	Atchison, Topeka and Santa Fé Railway	„ „
196	„	$\frac{5}{5}$ *G 4vh*[2]	Österr. Staatsbahnen	Masch.-Fab. d. St.-E.-G., Wien.

[1]) Eine Triebstange wirkt auf die gekröpfte 2. Achse, während zwei Außenzylinder für den Antrieb der 3. Achse dienen. Die drei Kurbeln sind um je 120° versetzt.

[2]) Zulässige Geschwindigkeit $V = 75$ km/st. Diese Lokomotive ist auch für Petrolfeuerung eingerichtet.

Güterlokomotiven.

Abb. 22. $\frac{4}{6}$-Doppelverbund mit Überhitzer der Österr. Staatsbahnen, erbaut 1906 von der Masch.-Fabr. der Staats-Eisenb.-Ges., Wien.

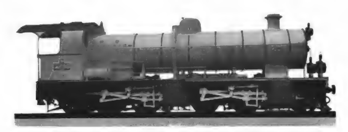


Lauf. Nr. 196. Bauart: $\frac{4}{6}$ *G 4 vh.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm.		Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche		Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	Hochdruck	Niederdruck						Gesamt	davon Überhitzer		
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
178	$(533)^2$	—	762	1422	8052	14·1	4·1	273·1	—	75·1	90·4
179	540	800	680	1410	10670	14	4·4	164·6	—	60·0	76·0
180	$(559)^2$	—	711	914	8839	14·1	5·3	306·6	—	77·2	92·9
181	$(559)^2$	—	711	1295	9474	14·1	4·7	317·2	—	79·1	98·6
182	$(610)^2$	—	762	1600	10592	14·1	4·0	372·3	—	89·4	117·5
183	$(483)^2$	$(762)^2$	762	1600	10592	14·1	4·0	374·2	—	93·9	122·9
184	$(457)^2$	—	660	1422	9398	14·1	2·4	179·4	—	.	96·1
185	$(610)^2$	—	711	1320	5791	14·8	5·7	429·2	—	122·5	122·5
186	$(560)^2$	—	560	1160	5600	13	2·6	184·7	—	70·0	70·0
187	$(610)^2$	—	660	1350	5800	12	2·3	176·8	41·9	73·6	73·6
188	560	850	632	1300	5600	14	3·4	203·3	—	66·5	66·5
189	590	860	630	1240	5600	13	3·3	209·7	—	70·0	70·0
190	565	860	612	1250	5600	15	2·9	272·1	—	73·3	73·3
191	$(375)^2$	$(610)^2$	650	1350	6000	16	3·5	219·5	—	75·0	75·0
192	$(610)^2$	—	711	1321	8636	14·8	5·2	328·4	—	100·2	122·0
193	$(390)^2$	$(600)^2$	650	1330	8180	15	2·8	235·5	—	66·3	74·8
194	$(432)^2$	$(711)^2$	813	1397	8534	15·1	3·5	278·7	—	81·9	95·3
195	$(483)^2$	$(813)^2$	813	1448	9093	15·8	5·4	500·7	—	107·9	121·5
196	$(370)^2$	$(630)^2$	720	1410	8670	16	4·6	258·0	63·3	67·4	77·2

Güterlokomotiven.

Abb. 23. $(\frac{3}{4}+\frac{3}{3})$-Doppelverbund (Mallet) der Hedjaz-Bahn (Syrien), erbaut 1907 von Henschel & Sohn, Cassel.



Lauf. Nr. 206. Bauart: $(\frac{3}{4}+\frac{3}{3})$ *G* 4 *v*.

Lauf. Nr.	Bauart	erbaut für	erbaut von
197	$(\frac{2}{2}+\frac{2}{2})$ *G* 4 *v*[1]	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
198	$(\frac{2}{2}+\frac{2}{2})$ *Gt* 4 *v*[1]	Bayerische Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
199	„ [1]	Schweizer Zentralbahn	„ „
200	„ [1]	„ „	„ „
201	$(\frac{2}{2}+\frac{2}{2})$ *Gt* 2 *z*[2]	Badische Staatsbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
202	„ [2]	Preuß. „	„ „
203	$(\frac{2}{3}+\frac{2}{2})$ *G* 4 *v*[1]	Bulgar. „	J. A. Maffei, München.
204	„ [2]	Mittelsibirische Eisenb.	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
205	$(\frac{2}{3}+\frac{2}{2})$ *Gt* 2 *z*[2]	Preuß. Staatsbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
206	$(\frac{3}{4}+\frac{3}{3})$ *G* 4 *v*[1]	Hedjaz-Bahn (Syr.)	„ „
207	$(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$ *G* 4 *v*[1]	Mittelsibirische Eisenb.	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
208	„ [1]	Gotthard-Bahn	J. A. Maffei, München.
209	$(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$ *G* 4 *vh*[1]	Moskau-Kasan-Eisenb.	Kolomnaer Masch.-Gesellsch., Moskau.
210	$(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$ *Gt* 4 *v*[1]	Spanische Bahn[4]	Borsig, Berlin-Tegel.
211	„ [1]	Belgische Staatsbahnen	Soc. An. Saint Léonard, Lüttich.
212	$(\frac{3}{4}+\frac{3}{4})$ *Gt* 4 *v*[3]	Französ. Nordbahn	Bahnwerkstätten.
213	$(\frac{3}{4}+\frac{3}{4})$ *G* 4 *v*[1]	Great Northern (Amer.)	Baldwin, Philadelphia.
214	$(\frac{4}{4}+\frac{4}{4})$ *G* 4 *v*[1]	Erie-Bahn (Amer.)	Amer. Locom. Comp., Schenectady.

[1]) Syst. Mallet. [2]) Syst. Hagans. [3]) Syst. Du Bousquet.
[4]) Spurweite 1676 mm.

Digitized by Google

Güterlokomotiven.

Abb. 24. $(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$-Doppelverbund (Mallet) mit Überhitzer der Moskau-Kasan-Bahn, erbaut 1907 von der Kolomnaer Maschinenbaufabrik-Ges., Moskau.

Lauf. Nr. 209. Bauart: $(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$ *G 4 vh.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
197	$(355)^2$	$(550)^2$	640	1280	6200	14	2·0	131·5	—	57·0	57·0
198	$(310)^2$	$(490)^2$	530	1000	5200	12	1·4	69·1	—	42·0	42·0
199	$(350)^2$	$(540)^2$	610	1200	5580	14	1·7	106·4	—	58·5	58·5
200	$(355)^2$	$(550)^2$	640	1280	6200	12	1·8	109·0	—	59·5	59·5
201	$(420)^2$	—	550	1120	4950	12	1·6	96·8	—	52·0	52·0
202	$(430)^2$	—	630	1250	5720	12	1·7	98·8	—	58·0	58·0
203	$(400)^2$	$(635)^2$	630	1340	8200	15	2·7	157·5	—	57·2	67·0
204	$(420)^2$	$(630)^2$	600	1350	8100	12	2·6	175·8	—	53·5	64·2
205	$(520)^2$	—	630	1200	6860	12	2·4	137.5	—	71·5	71·5
206	$(320)^2$	$(510)^2$	560	1070	8550	12	2·7	162·3	—	46·2	53·0
207	$(475)^2$	$(710)^2$	650	1200	7730	12	3·5	225·3	—	82·2	82·2
208	$(400)^2$	$(580)^2$	640	1230	8130	12	2·2	154·0	—	85·0	85·0
209	$(510)^2$	$(710)^2$	650	1220	8270	12	3·5	214·2	39·0	89·0	89·0
210	$(470)^2$	$(710)^2$	600	1100	.	12	2·3	153·1	—	52·3	52·3
211	$(500)^2$	$(810)^2$	650	1300	9350	15	7·9	256·9	—	109·6	109·6
212	$(400)^2$	$(630)^2$	680	1455	12590	16	3·0	244·6	—	72·0	102·0
213	$(546)^2$	$(838)^2$	813	1397	13665	14·1	7·2	525.6	—	64·0	72·1
214	$(635)^2$	$(991)^2$	711	1295	11938	16·1	9·3	493·5	—	81·6	81·6

Verschublokomotiven.

Abb. 25. $\frac{3}{3}$-Tenderzwilling der Italienischen Staatsbahnen, erbaut 1906 von der Società Italiana E. Breda, Mailand.

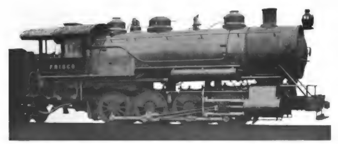
Lauf. Nr. 228. Bauart: $\frac{3}{3}$ $Vt\,2\,z$.

Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
215	○○○	$\frac{3}{3}$ $V\,2\,z$	Bayer. Staatsbahnen	J. A. Maffei, München.
216	„	„	Union Pacific Railr. Co.	Baldwin, Philadelphia.
217	„	„	Chicago, Rock Island and Pacific R.	Americ. Locom. Comp.
218	„	„	Atchison, Topeka and Santa Fé R.	Baldwin, Philadelphia.
219	„	„	Mobile and Ohio R. R. C.	„ „
220	„	„	Pennsylvania R. R.	Bahnwerkstätten.
221	„	„	Oregon Short Line R. R.	Baldwin, Philadelphia.
222	„	$\frac{3}{3}$ $Vt\,2\,z$	Rio Tinto	„ „
223	„	„	Witkowitzer Werkbahn	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.
224	„	„	Schweizer Bundesbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
225	„	„	Brooklyn Dock	Baldwin, Philadelphia.
226	„	„	K. K. Nordbahn	Masch.-F. d. St.-E.-G., Wien.
227	„	„	Belgische Staatsbahnen	Soc. An. de Haine-Saint-Pierre.
228	„	„	Italien. „	E. Breda, Mailand.
229	„	$\frac{3}{3}$ $Vt\,2\,v$	Bayer. „	Krauss & Co., München.
230	[illegible]	$\frac{3}{3}$ $Vt\,2\,z$	Westend Coal Company	Baldwin, Philadelphia.
231	○○○○	$\frac{4}{4}$ $V\,2\,z$	Chesapeake and Ohio Railway	Americ. Locom. Comp.
232	„	„	Chicago and Eastern Illinois R. R.	Baldwin, Philadelphia.
233	„	$\frac{4}{4}$ $Vt\,2\,z$	Witkowitzer Werkbahn	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.
234	„	„	Belgische Staatsbahnen	Soc. An. de Haine-Saint-Pierre.
235	○○○○○	$\frac{5}{5}$ $V\,2\,z$	Cleveland, Cincinnati, Chicago & St. Louis Railr.	Americ. Locom. Comp.
236a	[illegible]	$\frac{4}{6}$ $Vt\,3\,z$	Great Central R. (Engl.)	Beyer, Peacock & Co., Gorton.

Digitized by Google

Verschublokomotiven.

Abb. 26. 4/4-Zwilling der Chicago and Eastern Illinois Railroad, erbaut 1907 von Baldwin Locomotive Works, Philadelphia.



Lauf. Nr. 232. Bauart: 4/4 V 2z.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamt-Gewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
215	$(420)^2$	—	610	1206	3700	12·0	1·6	89·6	—	45·5	45·5
216	$(483)^2$	—	660	1295	3353	12·3	2·8	145·1	—	63·5	63·5
217	$(483)^2$	—	660	1295	3353	14·1	2·6	182·2	—	62·8	62·8
218	$(508)^2$	—	660	1295	3353	12·7	2·7	180·0	—	67·4	67·4
219	$(508)^2$	—	660	1295	3353	14·1	2·9	178·3	—	62·2	62·2
220	$(559)^2$	—	610	1422	3505	14·1	3·8	231·4	—	77·1	77·1
221	$(508)^2$	—	660	1440	3454	12·7	2·8	169·3	—	68·0	68·0
222	$(381)^2$	—	559	914	3048	10·5	1·1	61·8	—	67.7	67·7
223	$(380)^2$	—	520	960	2400	12	1·3	83·2	—	33·0	33·0
224	$(340)^2$	—	500	1030	3120	12	1·1	68·1	—	32·6	32·6
225	$(483)^2$	—	610	1168	2438	12·7	2·0	99·4	—	60·0	60·0
226	$(430)^2$	—	600	1186	3400	13	1·4	92·0	—	41·8	41·8
227	$(420)^2$	—	600	1200	2900	12	1·2	87·4	—	39.0	39·0
228	$(410)^2$	—	580	1300	3600	12	1·4	83·8	—	45·0	45·0
229	360	560	500	925	2700	13	1·0	59·9	—	28·7	28·7
230	$(457)^2$	—	610	1168	7696	12·7	4·6	141·0	—	51·4	74·1
231	$(533)^2$	—	711	1295	4152	14·1	4·3	254·3	—	77·6	77·6
232	$(597)^2$	—	813	1448	4870	14·1	5·8	381·2	—	101·6	101·6
233	(500,²	—	570	1130	3690	12·0	2·0	141·6	—	55·0	55·0
234	$(480)^2$	—	600	1262	4300	12·0	2·2	125·4	—	65·6	65·6
235	$(610)^2$	—	711	1321	5791	14·8	5·3	427·3	—	124·3	124·3
536a	$(457)^3$	—	660	1422	9347	14·1	2·4	177·5	—	75·2	97·7

Digitized by Google

Lokomotiven für Stadt- und Vorortbahnen.

Abb. 27. $\frac{3}{4}$-Tenderzwilling mit Überhitzer der Berliner Stadtbahn, erbaut 1905 von A. Borsig, Berlin-Tegel.

Lauf. Nr. 243. Bauart: $\frac{3}{4}$ *St 2 z h*.

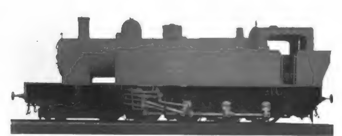
Lauf. Nr.	Bauart		erbaut für	erbaut von
	←			
236	oOOo	$\frac{2}{4}$ *St 2 z*	Sächs. Staatsbahnen	Sächs. Masch.-Fabr., Chemnitz.
237	„	„	Preuß. „	Henschel & Sohn, Cassel.
238	„	$\frac{2}{4}$ *St 2 z h*	Bayer. „	Krauss & Co., München.
239	ooOO	$\frac{2}{4}$ *St 2 z h*	Preuß. „	Henschel & Sohn, Cassel.
240	oOOoo	$\frac{2}{5}$ *St 2 z*	Bayer. „	Krauss & Co., München.
241	„	$\frac{2}{5}$ *St 2 z h*	„ „	„ „
242	OOOo	$\frac{3}{4}$ *St 2 v*	„ „	„ „
243	oOOO	$\frac{3}{4}$ *St 2 z h*	Preuß. „	A. Borsig, Berlin-Tegel.
244	oOOOo	$\frac{3}{5}$ *St 2 z*	Philadelphia and Reading R. R.	Baldwin, Philadelphia.
245	„	„	Great Western R.	Bahnwerkstätten.
246	„	„	Long Island Railroad	Baldwin, Philadelphia.
247	„	$\frac{3}{5}$ *St 2 v*	Wiener Stadtbahn	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.
248	OOOoo	$\frac{3}{5}$ *St 2 z*	Midland Railway	Werkstätten, Derby.
249	oOOOoo	$\frac{3}{6}$ *St 2 z*	Philadelphia and Reading R. R.	Baldwin, Philadelphia.
250	ooOOOO	$\frac{4}{6}$ *St 2 v*	Pariser Gürtelbahn	Elsäss. Masch.-Ges., Grafenstaden.
251	OOOOO	$\frac{5}{5}$ *St 3 v*[1])	Great Eastern Railway	?

[1]) Diese Lokomotive wurde im Jahre 1902 gebaut und im Jahre 1905 umgebaut.

Digitized by Google

Lokomotiven für Stadt- und Vorortbahnen.

Abb. 28. $\frac{3}{5}$-Tenderverbund der Pariser Gürtelbahn,
erbaut 1905 von der Elsäss. Masch.-Gesellsch., Grafenstaden.



Lauf. Nr. 250. Bauart: $\frac{3}{5}$ *St* 2*v*.

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
236	(430)^2	—	630	1570	6800	12·0	1·5	94·0	—	30·0	59·0
237	(430)^2	—	600	1600	6800	12·0	1·6	97·3	—	26·8	52·4
238	(440)^2	—	540	1546	7300	12·0	1·7[1]	104·4	19·2	32·0	57·0
239	(480)^2	—	600	1600	7050	12·0	1·7	105·9	30·0	32·0	58·0
240	(450)^2	—	560	1640	8800	12·0	2·0	118·1	—	.	68·0
241	(500)^2	—	560	1640	8800	12·0	2·0	109·3	20·2	32·0	70·3
242	400	620	500	996	5150	14·0	1·4	80·2	—	33·2	42·3
243	(540)^2	—	630	1500	6350	12·0	1·7	111·9	26·7	.	62·9
244	(508)^2	—	610	1550	9373	14·1	6·4	184·0	—	54·6	90·0
245	(445)^2	—	610	1575	8534	14·1	?	?	—	47·2	62·4
246	(457)^2	—	660	1600	9650	14·1	5·1	169·2	—	59·1	85·6
247	520	740	632	1300	7700	13·0	2·3	143·9	—	43·5	69·8
248	(470)^2	—	660	1702	8839	12·2	2·0	123·6	—	52·1	72·8
249	(508)^2	—	610	1565	9368	14·0	6·4	166·5	—	55·0	91·5
250	370	570	650	1440	8450	15·0	2·4	203·4	—	61·0	80·7
251	470	(470)^2	610	1372	.	14·0	3·9	279·0	—	.	.

[1]) Mittelst einer drehbaren Rostdeckplatte ist es möglich, eine veränderliche Rostfläche von 1·7 ∾ 1·0 qm herzustellen.

Digitized by Google

Lokomotiven für Nebenbahnen.

Abb. 29. $\frac{2}{2}$-Tenderzwilling mit Überhitzer der Preuß. Staatsbahnen, erbaut 1906 von der Hannov. Masch.-Akt.-Ges., Hannover.

Lauf. Nr. 262. Bauart: $\frac{2}{2}$ *Nt 2zh*.

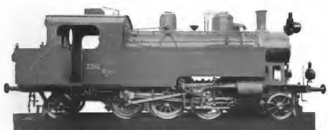
Lauf. Nr.	Bauart (←)		erbaut für	erbaut von
252	○○	$\frac{2}{2}$ *Nt 2z*	Verschied. Nebenbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
253	„	„	Belgische Staatsbahnen	Soc. An. de Haine-St. Pierre.
254	„	$\frac{2}{2}$ *Nt 2zh*	Bayer. „	Krauss & Comp., München.
255	„	„	„ „	J. A. Maffei, München.
256	„	„	Österr. „	Krauss & Comp., Linz a. D.
257	„	„	Bayer. „	„ München.
258	„	$\frac{2}{2}$ *Nt 2v*[1])	Österr. „	„ Linz a. D.
259	○○○	$\frac{3}{3}$ *N 2z*	Bari-Locorotondo	Soc. An. Saint Léonard, Lüttich.
260	„	$\frac{3}{3}$ *Nt 2z*	Ferrara-Suzzara	J. A. Maffei, München.
261	„	$\frac{3}{3}$ *Nt 2zh*	Österr. Staatsbahnen	Krauss & Comp., Linz a. D.
262	„	„	Preuß. „	Hannover. Masch.-Akt.-Ges., Hannover.
263	„	„	„ „	Bresl. Masch.-Fabr., Breslau.
264	„	$\frac{3}{3}$ *Nt 2vh*	Bukowinaer Lokalbahnen	Masch.-Fabr. d. Staatseisenb.-Ges., Wien.
265	o○○○	$\frac{3}{4}$ *Nt 2z*	Italien. Staatsbahnen	Ernesto Breda, Mailand.
266	„	$\frac{3}{4}$ *Nt 2v*	Österr. „	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-Ges., Wien-Floridsdorf.
267	o○○○o	$\frac{3}{5}$ *Nt 2v*	Ungar. „	Ungarische Staatseisenwerke, Budapest.
268	○○○○	$\frac{4}{4}$ *N 2z*	Turin-Lanzo	Soc. An. Saint Léonard, Lüttich.
269	„	$\frac{4}{4}$ *Nt 2z*	Münchener Lokalbahnen	Krauss & Comp., München.
270	[illegible]	$\frac{4}{4}$ *Nt 2v*	Schweizer Nebenbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.

[1]) Petrolfeuerung.

Digitized by Google

Lokomotiven für Nebenbahnen.

Abb. 30. 3/5-Tenderverbund der Ungarischen Staatseisenbahnen, erbaut 1907 von den Ungar. Staatseisenwerken, Budapest.



Lauf. Nr. 267. Bauart: 3/5 *Nt 2v.*

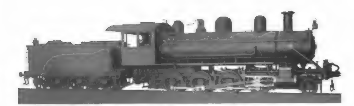
Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hochdruck	Zylinderdurchm. Niederdruck	Kolbenhub	Triebraddurchm.	Achsenstand	Dampfdruck	Rostfläche	Heizfläche Gesamt	Heizfläche davon Überhitzer	Reibungsgewicht	Gesamtgewicht
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	qm	t	t
252	(350)[2]	—	500	950	2500	12	1·0	58·0	—	28·0	28·0
253	(400)[2]	—	530	1000	2000	12	1·1	70·4	—	29·0	29·0
254	(250)[2]	—	400	930	3200	12	0 6	39·7	?	18·9	18·9
255	(265)[2]	—	2 mal[1]) 280	990	2900	12	0·8	42·0	6·5	21·0	21·0
256	(305)[2]	—	405	1006	3200	12	0·6	36·4	7·9	21·8	21·8
257	(320)[2]	—	400	1006	3200	12	0·6	39·9	7·9	22·0	22·0
258	230	360	430	930	2500	15	0·7	28·7	—	21·1	21·1
259	(360)[2]	—	550	1200	3300	14	1·8	74·8	—	37·0	37·0
260	(375)[2]	—	530	1250	3500	12	1·4	69·5	—	33·6	33·6
261	(400)[2]	—	540	1100	3050	12	1·3	74·2	10·4	39·5	39·5
262	(400)[2]	—	550	1100	3000	12	1·5	92·5	21·5	36·0	36·0
263	(500)[2]	—	600	1350	3400	12	1·5	84·8	16·4	42·0	42·0
264	460	690	540	1130	3425	14	1·7	103·9	24·5	42·0	42·0
265	(410)[2]	—	580	1380	5500	12	1·8	106·4	.	.	50·0
266	370	570	570	1100	5050	13	1·4	82·0	—	30·0	39·3
267	390	590	600	1180	7650	14	1·8	101·0	—	30·0	50·0
268	(500)[2]	—	600	1220	4300	12	2·5	113·4	—	57·5	57·5
269	(540)[2]	—	560	1100	.	12	2·0	123·3	—	57·2	57·2
270	520	780	630	1230	6550	13	2·2	132·8	—	.	68·0

[1]) Jede der beiden Achsen hat ihr eigenes Triebwerk, doch sind die Zylinder und Kolbenschieber vereinigt.

Digitized by Google

Lokomotiven für Schmalspurbahnen.

Abb. 31. $\frac{3}{4}$-Zwilling der Japanischen Staatsbahnen,
erbaut 1905 von Baldwin Locomotive Works, Philadelphia.



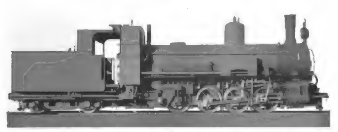
Lauf. Nr. 297. Bauart: $\frac{3}{4}$ $K\,2\,z$

Lauf. Nr.	Bauart ←		Spurweite mm	erbaut für	erbaut von
271	OO	$\frac{2}{2}$ $Kt\,2\,z$	1000	Versch. Kleinbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
272	„	„	950	Italien. Bahnen	E. Breda, Mailand.
273	o OO	$\frac{2}{3}$ $Kt\,2\,z$	750	Versch. Kleinbahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
274	OOO	$\frac{3}{3}$ $K\,2\,z$	770	Russ. Feldeisenbahn	Kolomnaer Masch., Moskau.
275	„	„	1000	Moskau-Kiew-Bahn	Henschel & Sohn, Cassel.
276	„	$\frac{3}{3}$ $Kt\,2\,z$	1000	Versch. Kleinbahnen	„ „
277	„	„	1200	China-Bahn	Soc. An. St. Léonard, Lüttich.
278	oOOO	$\frac{3}{4}$ $K\,2\,z$	914	Hawaii- „	Baldwin, Philadelphia.
279	„	„	1000	Äthiop. „	Lok.-Fabr., Winterthur.
280	„	$\frac{3}{4}$ $Kt\,2\,z$	1000	Brünig- „	„ „ „
281	„	„	1000	Astur. „	Soc. An. St. Léonard, Lüttich.
282	„	„	1000	Französ. „	Krauss & Comp., München.
283	OOOo	„	760	Waldviertelbahn	Wiener Lok.-Fabr. Akt.-G., Wien-Floridsdorf.
284	OOOO	$\frac{4}{4}$ $K\,2\,z$	760	Ungar. Bahnen	Ungar. Staatseisenwerke, Budapest.
285	„	„	745	Erste Russ. Lokalb.-Ges.	Kolomnaer Masch., Moskau.
286	„	$\frac{4}{4}$ $Kt\,2\,z$	760	Russische Bahnen	Soc. An. St. Léonard, Lüttich.
287	„	„	760	Ungar. „	Ungar. Staatseisenwerke, Budapest.
288	„	$\frac{4}{4}$ $Kt\,2\,v$	760	Bosnabahn	Krauss & Co., Linz a. D.

Digitized by Google

Lokomotiven für Schmalspurbahnen.

Abb. 32. $\frac{3}{3}$-Stütztenderzwilling mit Überhitzer der Nieder-Österr. Landesbahnen, erbaut 1906 von der Lok.-Fabr. Akt.-Ges. Krauss & Comp., Linz a. D.



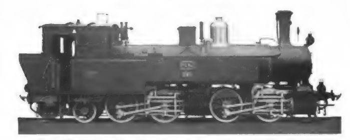
Lauf. Nr. 304. Bauart: $\frac{3}{3}$ $Kt2zh$

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hoch-druck mm	Zylinderdurchm. Nieder-druck mm	Kolben-hub mm	Triebrad-durchm. mm	Achsen-stand mm	Dampf-druck kg	Rost-fläche qm	Heiz-fläche qm	Reibungs-gewicht t	Gesamt-gewicht t	Wasser-raum cbm	Kohlen-raum t
271	$(280)^2$	—	430	800	1800	12	0·64	36·0	17	17	1·5	0·4
272	$(285)^2$	—	400	1000	1600	12	0·52	32·1	18·3	18.3	1·6	0·4
273	$(300)^2$	—	350	700	3400	14	0·8	45·9	16·3	22.3	2·2	0·9
274	$(195)^2$	—	300	600	1500	15	0·5	26·4	.	.	.	.
275	$(360)^2$	—	450	900	2800	11	0·97	59·4	23	23	.	.
276	$(320)^2$	—	500	920	2250	12	0·84	53·4	25	25	3·0	0 8
277	$(320)^2$	—	450	965	2300	12	0·99	49·4	25	25	3·0	1·0
278	$(330)^2$	—	457	940	4166	10·6	0·84	58·2	20·1	23·9	4·5	2·3
279	$(360)^2$	—	550	1220	5100	12	1·0	70·4	.	29	.	.
280	$(360)^2$	—	500	1050	4900	12	1·1	64·8	.	31·4	3·5	0·8
281	$(330)^2$	—	500	1100	4300	12	1·02	59·9	23·2	30·0	3·5	1·0
282	$(400)^2$	—	600	1300	4300	12	1·8	104·5	.	58·5	6·0	4·0
283	$(290)^2$	—	400	820	4000	12	1·0	50·7	.	24·9	3·2	1.3
284	$(250)^2$	—	300	650	2445	14	0·59	25·1	12·6	12·6	.	.
285	$(355)^2$	—	300	750	2700	11	1·01	53·2	20·5	20·5	.	.
286	$(280)^2$	—	300	650	2400	12	0·72	34·8	20	20	2·0	0·6
287	$(325)^2$	—	350	750	3350	14	1·04	48·1	22	22	.	.
288	310	460	400	800	4100	13	0·81	52·2	26	26	2·8	2·0

Digitized by Google

Lokomotiven für Schmalspurbahnen.

Abb. 33. ($\frac{2}{3}$ — $\frac{2}{3}$)-Tenderdoppelverbund (Mallet) der Holländ. Staatsbahnen, erbaut 1907 von der Sächs. Maschinenfabrik, Chemnitz.



Lauf. Nr. 302. Bauart: ($\frac{2}{3}+\frac{2}{3}$) $Kt\,4\,v$.

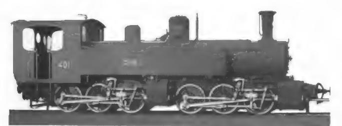
Lauf. Nr.	Bauart		Spurweite mm	erbaut für	erbaut von
289	← [1]	($\frac{2}{3}+\frac{2}{3}$) $Kt\,4\,v$	750	Verschiedene Bahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
290	„ [1]	„	1000	„ „	„ „
291		$\frac{3}{5}$ $K\,2\,z$ [2]	1000	Argentinische „	Baldwin, Philadelphia.
292	„	„	1050	Algerische „	Elsäss. Masch.-Gesellsch., Grafenstaden.
293		$\frac{3}{5}$ $Kt\,2\,z$	1067	Norweg. Staatsbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.
294	„	„	1000	Asturische Bahn	A. Borsig, Berlin-Tegel.
295		$\frac{3}{5}$ $Kt\,2\,v$	760	Bosnabahn	Krauss & Comp., Linz a. D.
296		$\frac{4}{5}$ $K\,2\,z$	1050	Türkische Bahnen	Krauss & Comp., München.
297	„	„	1067	Japanische Staatsbahn	Baldwin, Philadelphia.
298	„	$\frac{4}{5}$ $K\,2\,v$	760	Bosnabahn	Krauss & Comp., Linz a. D.
299	„	„	1000	Äthiopische Bahn	Lok.-Fabr., Winterthur.
300	„	„	1000	Rhätische „	„ „
301	[1]	($\frac{2}{3}+\frac{2}{3}$) $Kt\,4\,v$	1000	„ „	„ „
302	„ [1]	„	1067	Holländ. Staatsbahnen	Sächsische Masch.-Fabr., Chemnitz.
303		$\frac{4}{6}$ $K\,2\,z$ [2]	1130	Brasil. Bahn	Baldwin, Philadelphia.
304	[3]	$\frac{4}{6}$ $Kt\,2\,z\,h$	760	Nieder-Österr. Landesbahn	Krauss & Comp., Linz a. D.
305	[4]	$\frac{5}{5}$ $K\,2\,z$	750	Verschiedene Bahnen	Henschel & Sohn, Cassel.
306		$\frac{5}{6}$ $Kt\,2\,z$	760	Bosnabahn	Krauss & Comp., Linz a. D.
307	[1]	($\frac{3}{3}+\frac{3}{3}$) $Kt\,4\,v$	1000	Französ. Departementsbahnen	Lok.-Fabr., Winterthur.

[1]) Bauart Mallet. [2]) Holzfeuerung. [3]) Mit Stütztender. [4]) Bauart Hagans.

Digitized by Google

Lokomotiven für Schmalspurbahnen.

Abb. 34. $(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$-Tenderdoppelverbund (Mallet) der Franz. Departementsbahnen, erbaut 1906 von der Schweiz. Lok.- u. Masch.-Fabrik, Winterthur.



Lauf. Nr. 307. Bauart: $(\frac{3}{3}+\frac{3}{3})$ *Kt 4 v.*

Lauf. Nr.	Zylinderdurchm. Hoch-druck	Zylinderdurchm. Nieder-druck	Kolben-hub	Triebrad-durchm.	Achsen-stand	Dampf-druck	Rost-fläche	Heiz-fläche	Reibungs-gewicht	Gesamt-gewicht	Wasser-raum	Kohlen-raum
	mm	mm	mm	mm	mm	kg	qm	qm	t	t	cbm	t
289	(240)[2]	(370)[2]	400	800	4000	14·0	0·93	45·2	26·0	26·0	2·5	0·7
290	(280)[2]	(430)[2]	500	1000	4700	12·0	1·2	63·0	30·0	30·0	4·0	1·2
291	(432)[2]	—	610	1372	6769	12·7	1·5	130·9	32·8	42·3	10·0	1·2
292	(400)[2]	—	560	1500	6550	12·0	1·5	69·0	25·4	34·8	.	cbm Holz .
293	(330)[2]	—	460	1146	7000	10·0	0·85	49·3	.	27·1	2·1	0·9
294	(430)[2]	—	500	1200	6500	12·0	1·5	93·0	31·0	40·4	.	.
295	340	520	450	900	9000	13·0	1·33	81·5	24·3	41·1	.	.
296	(405)[2]	—	500	1040	4275	12·0	1·7	124·7	39·8	45·0	12·0	5·3
297	(457)[2]	—	559	1092	6502	12·7	1·9	128·8	42·5	47·3	10·4	2·4
298	370	550	450	900	9620	13·0	1·71	111·9	32·0	36·0	6·4	2·4
299	420	630	550	1000	5560	13·0	1·3	91·1	.	36·0	.	.
300	444	660	580	1050	6100	13·0	1·9	117·6	.	46·0	.	.
301	(315)[2]	(490)[2]	550	1050	6600	14·0	1·3	80·0	.	45·0	3·4	1·0
302	(300)[2]	(460)[2]	510	1102	6000	12·0	1·5	101·4	35·3	42·8	4·0	1·4
303	(406)[2]	—	508	965	6248	11·2	1·4	105·7	31·9	39·1	9·5	Holz
304	(410)[2]	—	450	900	8100	13·0	1·6	95·3[1])	30·0	45·0	.	.
305	(385)[2]	—	400	800	4700	12·0	1·2	68·7	34·5	34·5	4·0	1·0
306	(390)[2]	—	450	900	8450	14·0	1·7	112·6	42·0	50·0	5·9	4·0
307	(310)[2]	(480)[2]	550	1010	6400	14·0	1·5	85·3	44·2	44·2	4·0	1·0

[1]) Gesamtheizfläche 95·3 qm, davon Überhitzerfläche 23·0 qm.

Einteilung der Wagen.

Von
Emil Cimonetti,
k. k. Baurat im Eisenbahnministerium, Wien.

Die Art der auf den Bahnen vorkommenden Transporte ist maßgebend für die Einteilung der dafür in Verwendung tretenden Wagen. Man unterscheidet im allgemeinen:

1. Personenwagen,
2. Postwagen und Gepäckwagen,
3. Güterwagen.

1. Personenwagen.

Diese dem Personentransport dienende Gruppe wird nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt, so unterscheidet man:

nach der inneren Einteilung des Kastens und der Anordnung der Einsteigtüren Abteil-(Coupé-)Wagen und Durchgangs-(Interkommunikations-)Wagen;

nach der Achsenzahl zwei-, drei-, vier- und sechsachsige Wagen;

nach der Anordnung des Laufwerkes Wagen mit festen Achsen (steifachsige Wagen), Wagen mit Lenkachsen (Lenkachswagen) und Wagen mit Drehgestellen (Drehgestellwagen);

nach der inneren Ausstattung Personenwagen I., II., III. und IV. Klasse, Schlafwagen, Speisewagen, Salonwagen, Krankenwagen, Zellenwagen (für die Beförderung von Sträflingen), ferner die vornehmlich in Sanitäts- (Rettungs-, Hilfs-) Zügen Verwendung findenden Verwundeten-, Ärzte-, Küchen- und Operationswagen;

nach der Verwendung der Wagen in den Zuggattungen Wagen für Schnellzüge und Personenzüge, Wagen für den Vorort-(Lokal-) Verkehr (Nahverkehr großer Städte) und Nebenbahn-(Lokalbahn-) Wagen.

a) Abteilwagen, Durchgangswagen.

Bei den Abteilwagen (vgl. Abb. 1 bis 3) sind für jedes Personenabteil besonders an den Längswänden des Wagens nach außen aufschlagbare Türen angeordnet. Die einzelnen Abteile sind durch Zwischenwände oder auch nur durch die Rückenlehnen der Sitze entweder vollständig voneinander getrennt oder es ist nebenbei durch einen Seitengang, seltener einen Mittelgang, eine innere Verbindung sämtlicher oder bloß

Digitized by Google

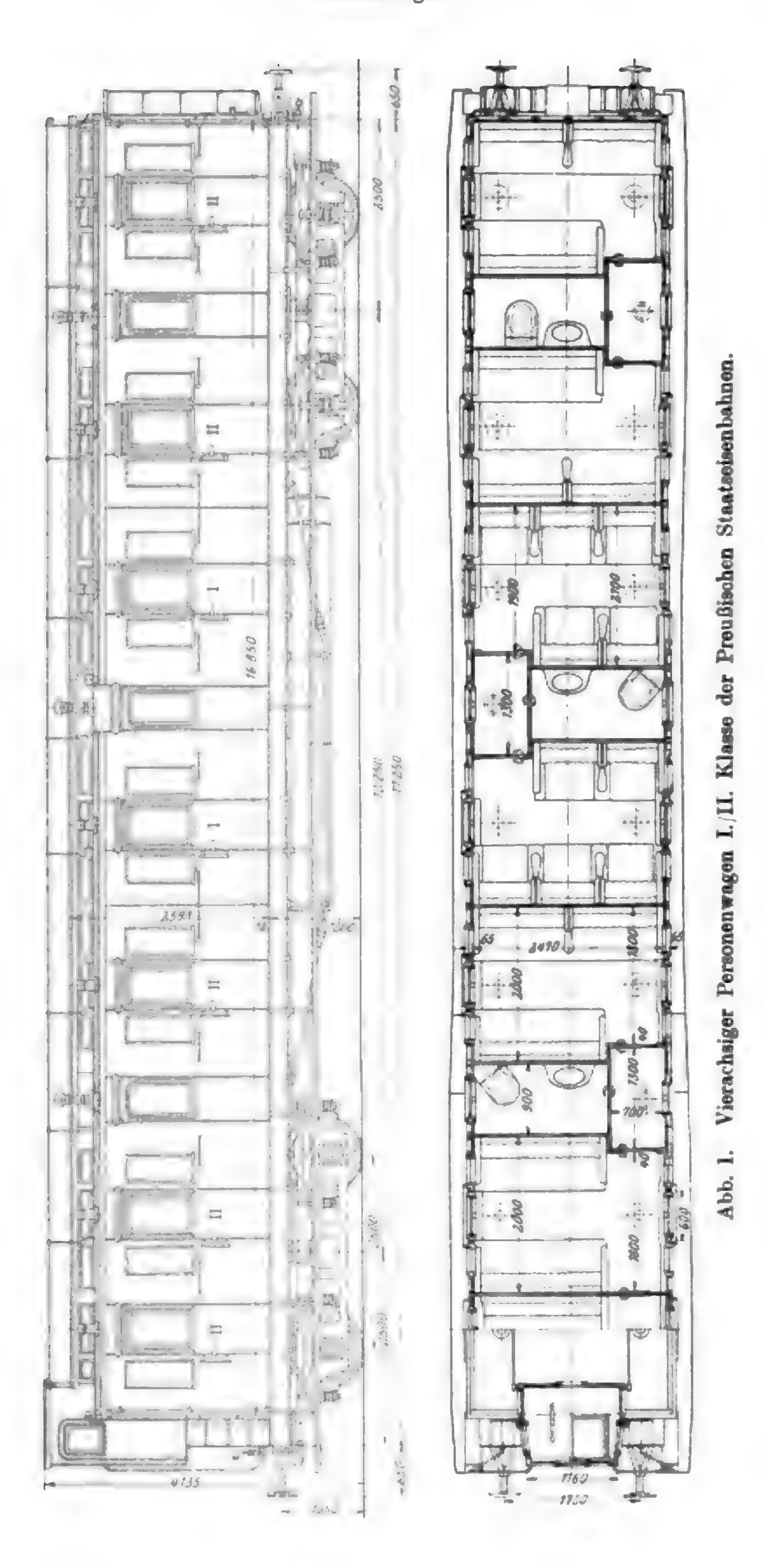


Abb. 1. Vierachsiger Personenwagen I./II. Klasse der Preußischen Staatseisenbahnen.

Digitized by Google

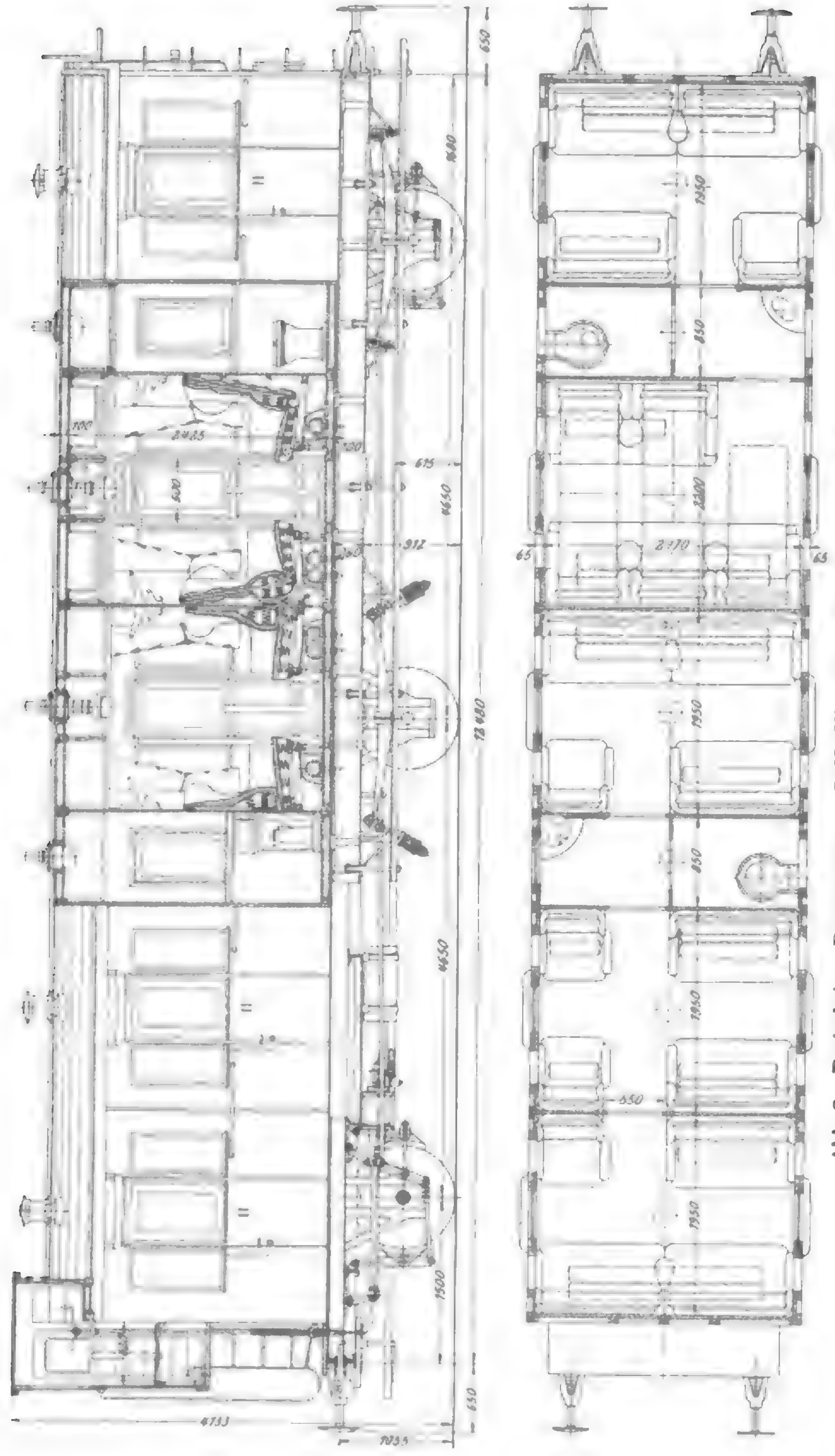


Abb. 2. Dreiachsiger Personenwagen I./II. Klasse der Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen.

einiger Abteile hergestellt. Die Aborte sind zwischen den Abteilen eingebaut. Bei Wagen mit Handbremse ist der Bremsersitz in der Regel außerhalb des Wagenkastens erhöht, mit Ausblick über das Wagendach, angebracht. Übergangsbrücken sind nicht vorhanden.

Bei den **Durchgangswagen** (vgl. Abb. 4 bis 12) erfolgt der Einstieg auf offene oder geschlossene an den Stirnseiten der Wagen befindliche Plattformen, von welchen aus das Wageninnere zugänglich ist. Vereinzelt findet sich bei Wagen mit großer Sitzplatzanzahl außerdem noch eine Mittelplattform vor. Die Abteile sind wie bei den Abteilwagen durch Zwischenwände oder auch nur durch die Rückenlehnen der Sitze voneinander getrennt, jedoch nebenbei immer durch Mittelgang oder Seitengang untereinander und mit den Plattformen verbunden. Bei Wagen mit Seitengang ist dieser gegen die Abteile zumeist durch eine Wand mit Eingangstüren abgeschlossen. An den Stirnseiten sind Übergangsbrücken angeordnet. Die Aborte werden entweder an den Enden (vornehmlich bei Wagen mit Seitengang) oder in der Mitte der Wagen (vornehmlich bei Wagen mit Mittelgang) angeordnet. Bei Schlafwagen mit Seitengang sind Aborte oder Waschräume auch zwischen die einzelnen Abteile mit un-

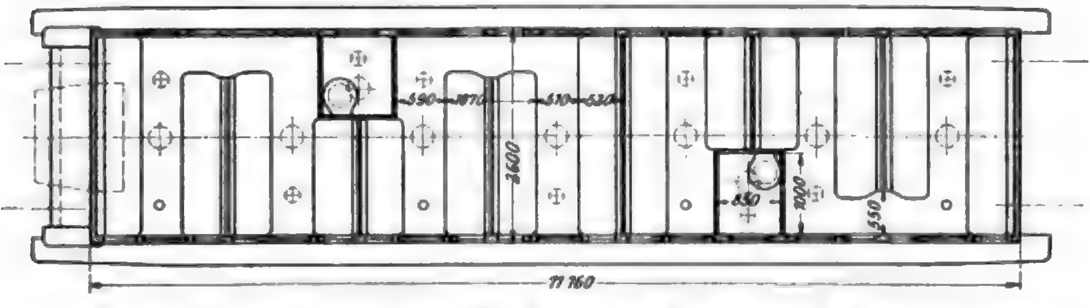


Abb. 3. Dreiachsiger Personenwagen III. Klasse der Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen. Radstand = 8400 mm.

mittelbarem Zutritt von diesen eingebaut. Bei den Wagen mit Handbremse bildet eine der Plattformen zugleich den Bremserstand, bei älteren Wagen sind innen erhöhte Bremsersitze mit Ausblick über das Wagendach vorhanden.

Aus dem Umstande, daß die zulässige größte Ausladung der Einsteigtritte durch die Umgrenzung für die festen Teile der Wagen beschränkt ist und daß die aufgeschlagenen Seitentüren innerhalb der für die Stations- und Streckenanlagen vorgeschriebenen Umgrenzung des lichten Raumes (vgl. Abb. 16) verbleiben sollen, ergeben sich für die Abteilwagen, da bei diesen Seitentüren und Einsteigtritte auf die ganze Kastenlänge verteilt sind, geringere Kastenbreiten als für die Durchgangswagen.

Der Abteilwagen füllt sich rascher; er hat auch gegenüber dem Durchgangswagen wegen der vielen Türen den insbesondere für den Gefahrsfall nicht zu unterschätzenden Vorteil des rascheren Entleerens der Wagen; die Breite des einzelnen Sitzplatzes ist größer; die Reisenden werden durch das Zugbegleitungspersonal und die Mitreisenden weniger belästigt.

Hingegen sind als Nachteile des Abteilwagens gegenüber dem Durchgangswagen anzuführen: Dem Reisenden ist es bei mangelnder Verbindung der einzelnen Abteile erschwert, einen ihm nicht zusagenden Sitzplatz gegen einen anderen zu vertauschen; bei länger andauernder Fahrt macht sich die durch den kleinen Raum bedingte Unmöglichkeit, dem Körper

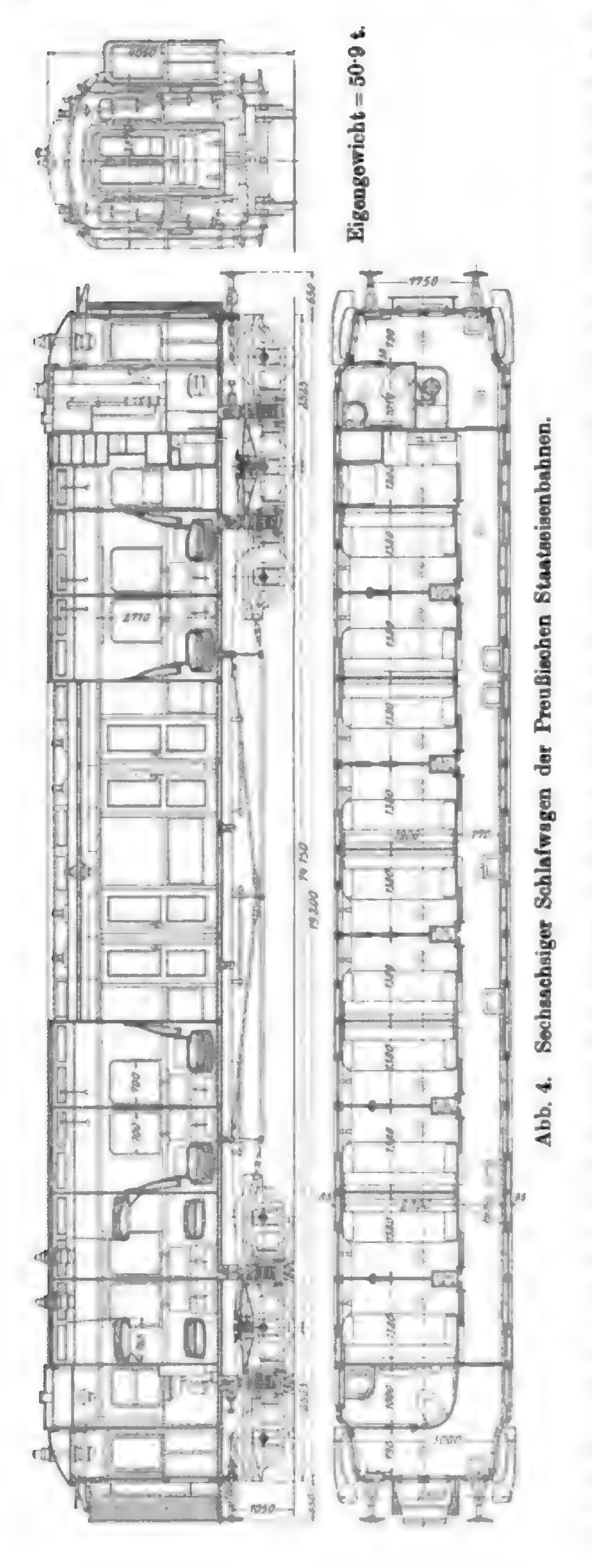

Eigengewicht = 50·9 t.

Abb. 4. Sechsachsiger Schlafwagen der Preußischen Staatseisenbahnen.

einige Bewegung zu verschaffen, unangenehm fühlbar. Die Abgeschlossenheit des Abteils begünstigt die Ausführung von räuberischen Überfällen und erschwert in solchem Falle die Herbeiziehung von Hilfe; dem zu begegnen, hat man vielfach in den Zwischenwänden der Abteile Fenster mit mattem Glas angebracht. Die Möglichkeit des Verunglückens von Reisenden bei ungewolltem Öffnen der Einsteigtüren ist größer. Das Eindringen von kalter Luft, Regen und Schnee in die Abteile beim Öffnen der Einsteigtüren ist unvermeidlich, demnach sind auch die Abteile im Winter schwerer heizbar (bei Durchgangswagen beschränkt sich dieser Übelstand nur auf die auf offene Plattformen führenden Endabteile, ist jedoch auch hier wegen der Überdachung der Plattform in geringerem Maße fühlbar). Das Ein- und insbesondere das Aussteigen ist wegen der Steile der Aufstiege, die nur zwei Trittbretter aufweisen, beschwerlicher. (Bei Durchgangswagen kann die Plattform so weit eingezogen werden, daß die hierdurch erzielte günstige Schräge des Aufstieges die Anbringung von drei Trittbrettern ermöglicht.) Das Betreten der untersten Laufbretter der Abteilwagen durch das Zugbegleitungspersonal und das Übersteigen von einem Wagen zum andern unter Benutzung dieser Laufbretter ist während der Fahrt, insbesondere bei hohen Fahr-

Digitized by Google

geschwindigkeiten oder schlechten Witterungsverhältnissen (Vereisung der Trittbretter im Winter) lebensgefährlich. Das derzeit bei den meisten Bahnverwaltungen bestehende Verbot des Betretens der Laufbretter während der Fahrt macht hinwieder die Fahrkartenprüfung und die Beobachtung der Abteile während der Fahrt unmöglich. Auch für die Reisenden ist das Fehlen eines bequemen Überganges unter Umständen (Speisewagen im Zuge) unangenehm. Wegen der vielen Türen sind die Kastenlangwände weniger widerstandsfähig und in der Erhaltung kostspieliger.

Einige der vorangeführten Übelstände des Abteilwagens werden zum Teile durch Anordnung von Seitengängen oder Mittelgängen beseitigt, doch hat diese Bauart eine wesentliche Erhöhung des auf den einzelnen Sitzplatz entfallenden toten Gewichts zur Folge.

Um eine noch weitergehende Beseitigung der Übelstände des Abteilwagens zu erzielen, hat sich insbesondere in England, Frankreich und in letzter Zeit auch in Italien eine Wagenbauart mit besonderer Einsteigtür für jedes

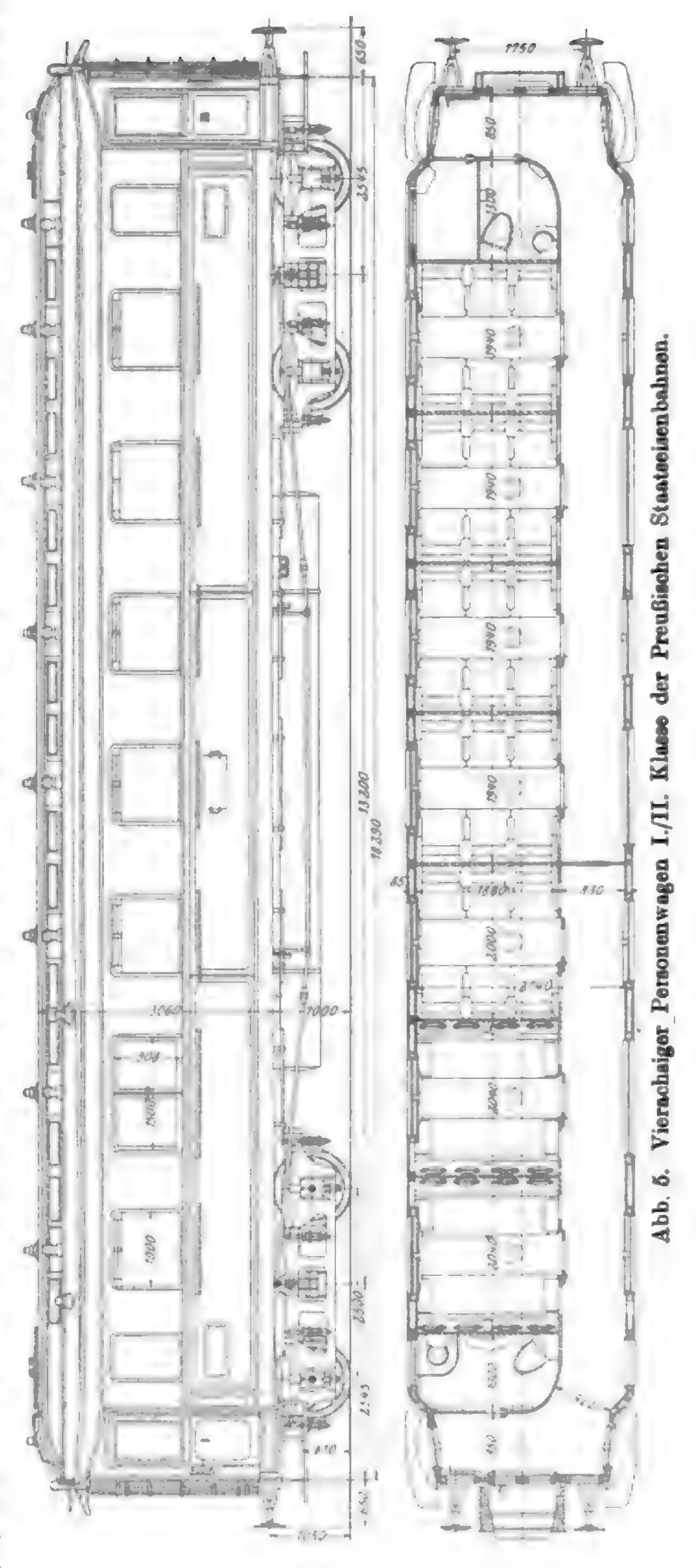


Abb. 5. Vierachsiger Personenwagen I./II. Klasse der Preußischen Staatseisenbahnen.

Abteil, mit Seitengang, geschlossenen Plattformen und Übergangsbrücken ausgebildet (vgl. Abb. 13).

In Amerika stehen ausschließlich Durchgangswagen (vorwiegend mit Mittelgang) in Verwendung. England hält an der Abteilwagentype mit und ohne innere Verbindung, zum Teil auch mit geschlossenen Endplattformen und Übergangsbrücken fest.

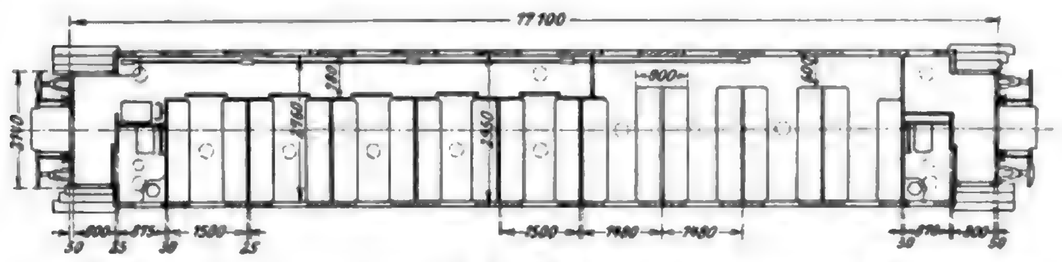


Abb. 6. Vierachsiger Personenwagen III. Klasse der k. k. Osterreichischen Staatsbahnen. Eigengewicht = 30·5 t. Drehzapfenabstand = 12200 mm. Drehgestell-Radstand = 2500 mm.

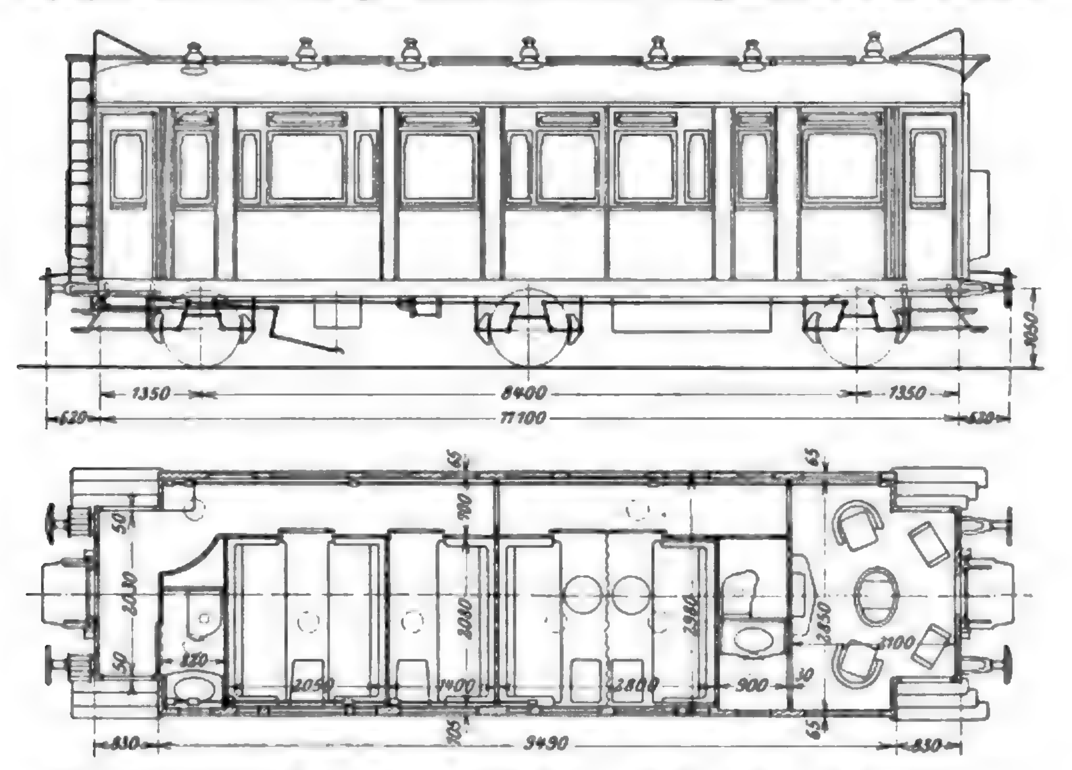
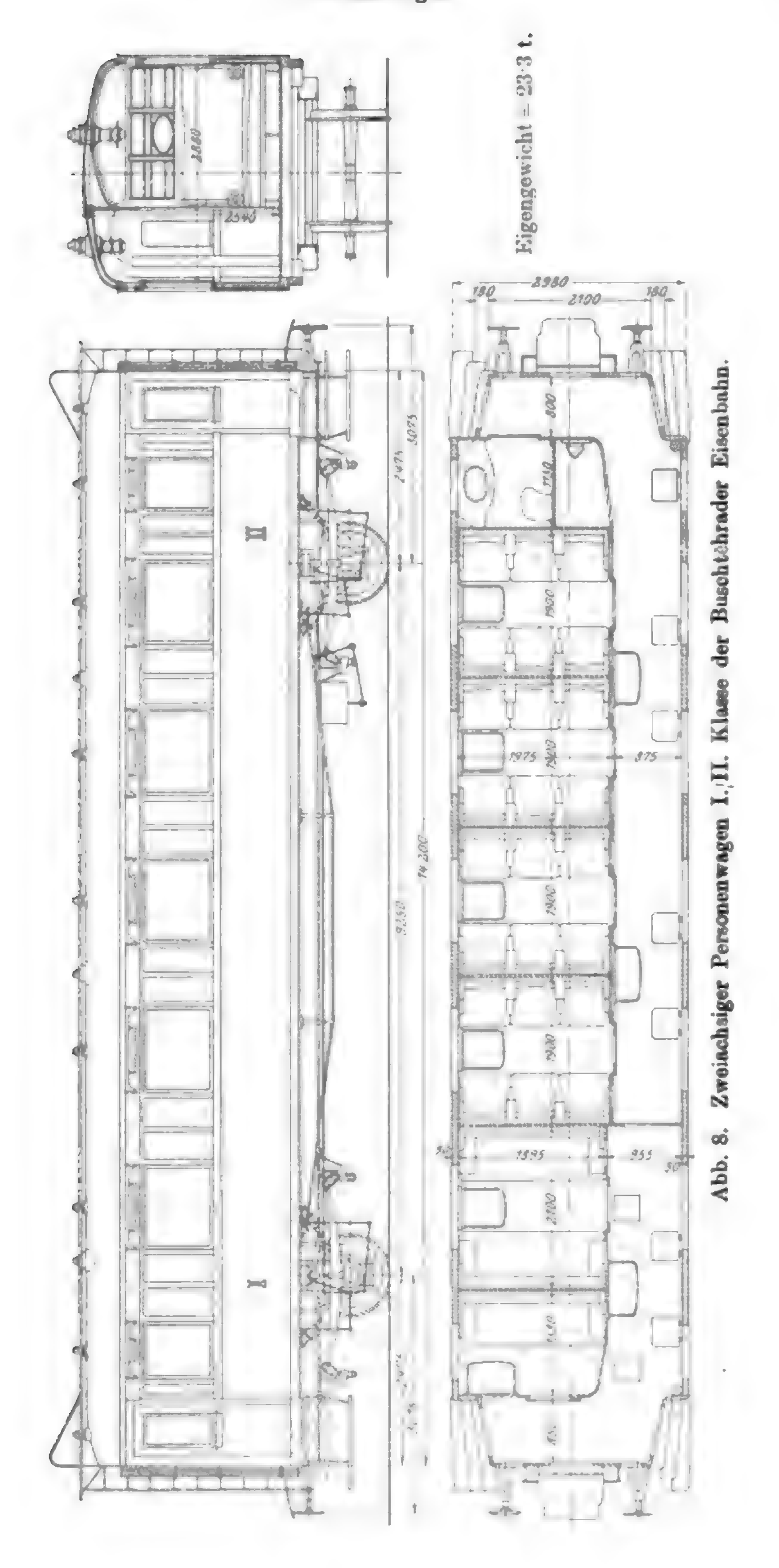


Abb. 7. Dreiachsiger Personenwagen I./II. Klasse mit Salon der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

Auf dem Kontinent überwiegt der Anzahl nach gleichfalls der Abteilwagen; doch ist allseits ein Fortschritt in der Verwendung der Durchgangswagen zu bemerken. So wird für internationale Schnellzüge, insbesondere wenn sie Speisewagen führen, immer mehr der Durchgangswagen mit geschlossenem Seitengang und geschlossenen Plattformen bevorzugt.

In Frankreich, Belgien und Italien sind vorwiegend Abteilwagen in Verwendung; doch wurde auch in diesen Ländern in den letzten Jahren für den Schnellzugsverkehr eine beträchtliche Anzahl von Durchgangswagen beschafft. In Preußen und Sachsen überwiegt gleichfalls der Abteil-

Digitized by Google



Eigengewicht = 23·3 t.

Abb. 8. Zweiachsiger Personenwagen I./II. Klasse der Buschtěhrader Eisenbahn.

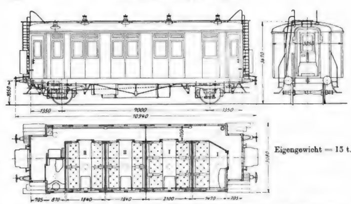


Abb. 9. Zweiachsiger Personenwagen I./II. Klasse der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

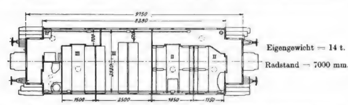


Abb. 9a. Zweiachsiger Personenwagen II./III. Klasse der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

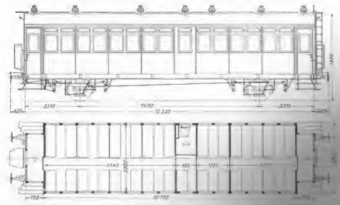


Abb. 10. Zweiachsiger Personenwagen III. Klasse der Bozen-Mer...
Eigengewicht = 14·6 t.

wagen (in den D-Zügen werden Durchgangswagen, in den gewöhnlichen Schnellzügen und Personenzügen derzeit vorwiegend Abteilwagen verwendet); in Süddeutschland hat sich der Durchgangswagen rascher Geltung verschafft.

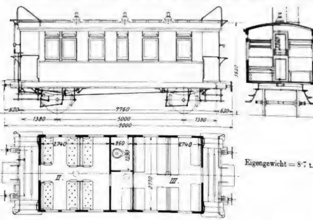


Abb. 11. Zweiachsiger Personenwagen II./III. Klasse (Lokalbahntype mit Ab[illegible]) der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

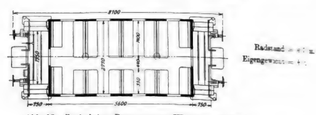


Abb. 12. Zweiachsiger Personenwagen III. Klasse (Lokalbahntype [illegible]) der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

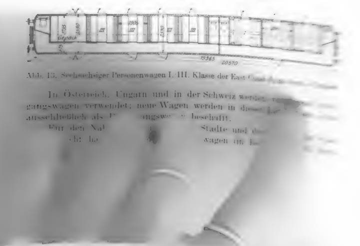
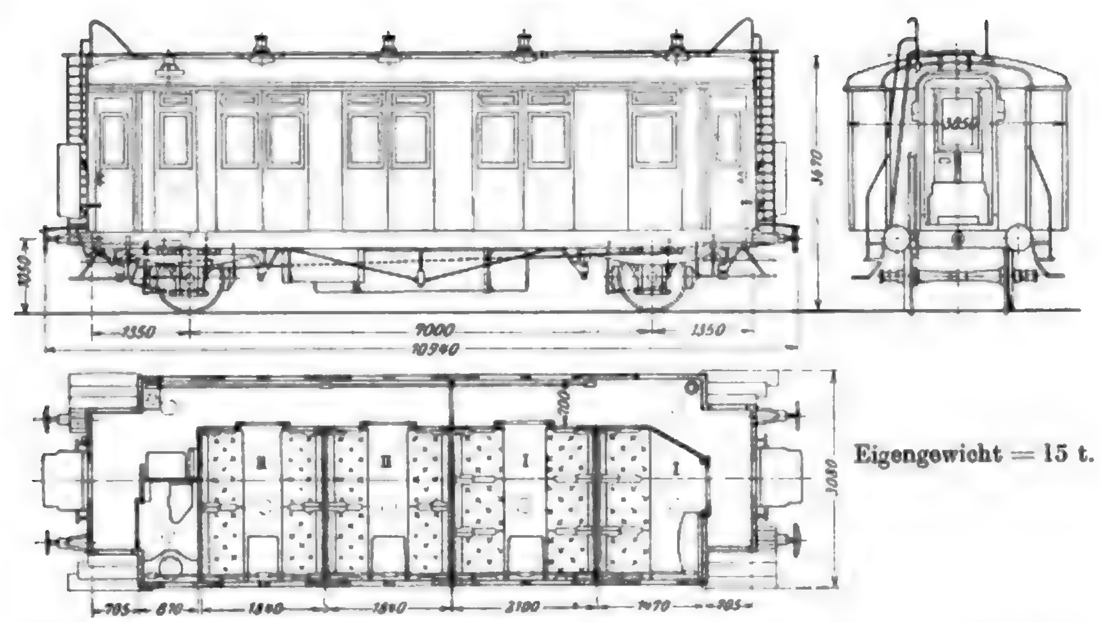


Abb. 13. Sechsachsiger Personenwagen I./III. Klasse der East [illegible]

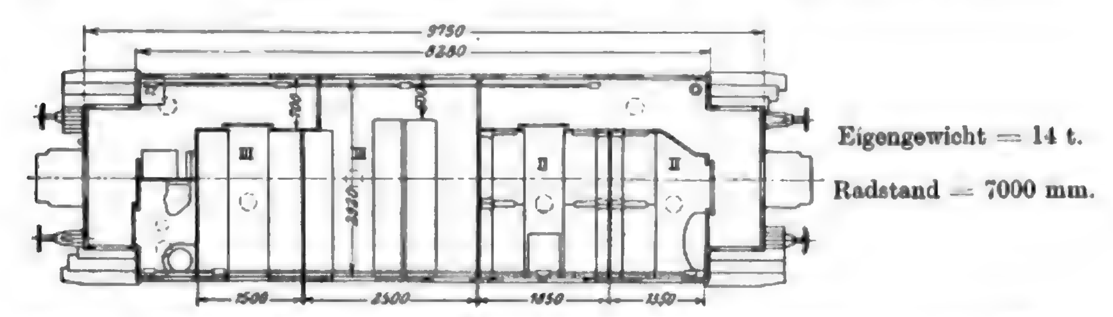
In Österreich, Ungarn und in der Schweiz werden [illegible] gangswagen verwendet; neue Wagen werden in diese[illegible] ausschließlich als [illegible]ngsw[illegible] beschafft.

Für den Na[illegible] Städte und [illegible] [illegible] wagen [illegible]



Eigengewicht = 15 t.

Abb. 9. Zweiachsiger Personenwagen I./II. Klasse der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.



Eigengewicht = 14 t.

Radstand = 7000 mm.

Abb. 9a. Zweiachsiger Personenwagen II./III. Klasse der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

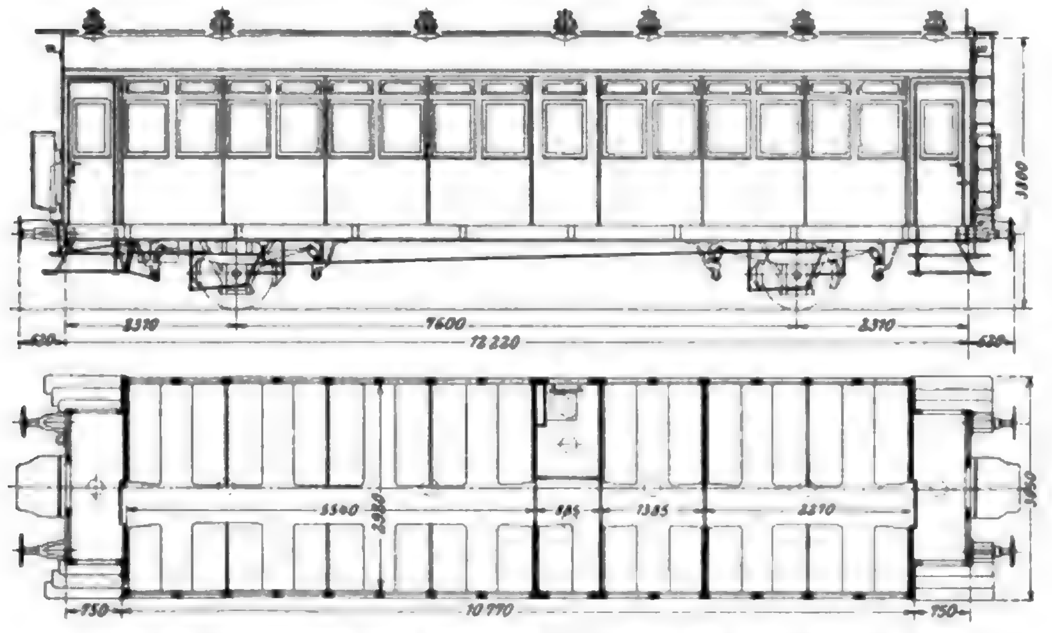


Abb. 10. Zweiachsiger Personenwagen III. Klasse der Bozen-Meraner Bahn.
Eigengewicht = 14·6 t.

Digitized by Google

wagen (in den D-Zügen werden Durchgangswagen, in den gewöhnlichen Schnellzügen und Personenzügen derzeit vorwiegend Abteilwagen verwendet); in Süddeutschland hat sich der Durchgangswagen rascher Geltung verschafft.

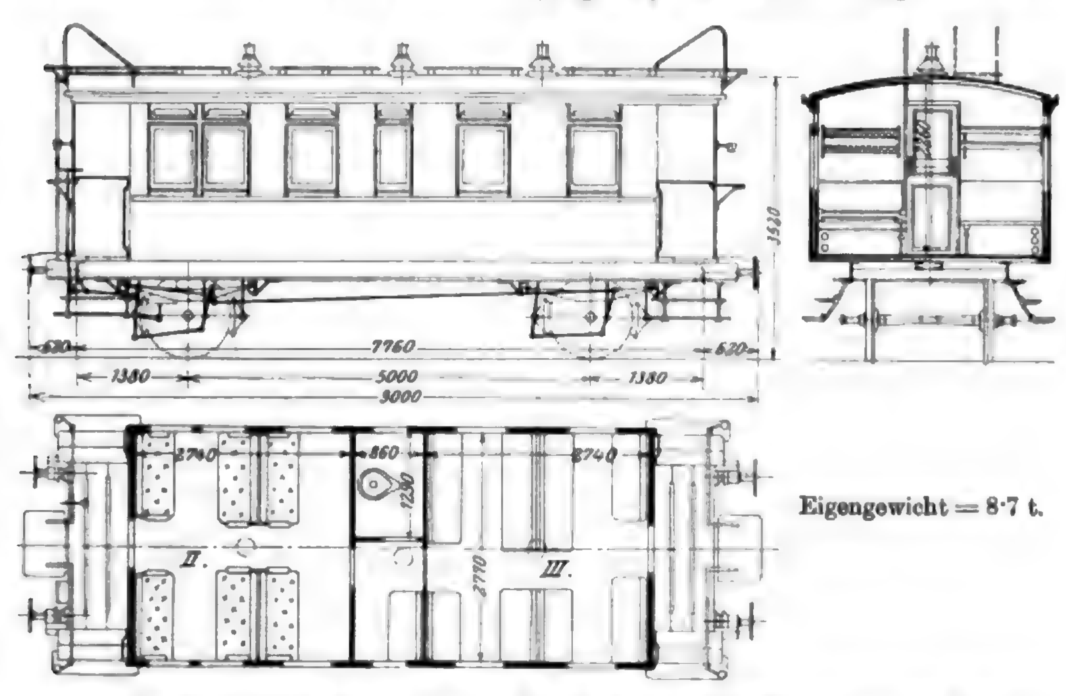


Abb. 11. Zweiachsiger Personenwagen II./III. Klasse (Lokalbahntype mit Abort) der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

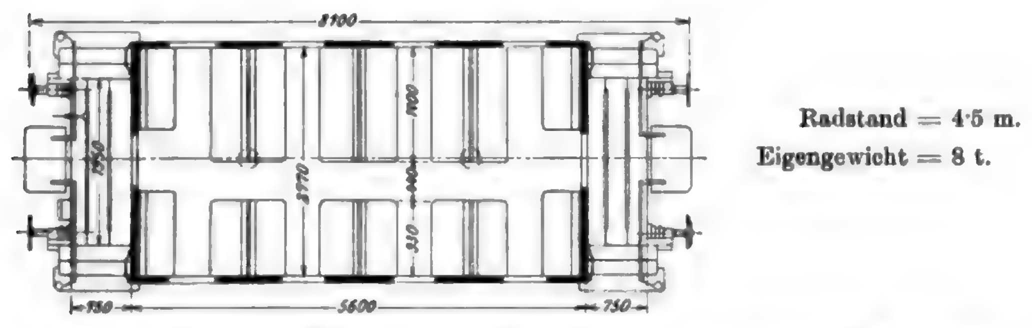


Abb. 12. Zweiachsiger Personenwagen III. Klasse (Lokalbahntype ohne Abort) der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

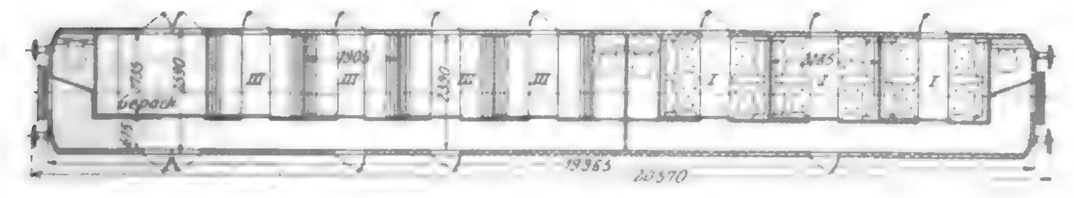


Abb. 13. Sechsachsiger Personenwagen I./III. Klasse der East-Coast-Joint-Stock in England.

In Österreich, Ungarn und in der Schweiz werden vorwiegend Durchgangswagen verwendet; neue Wagen werden in diesen Ländern seit Jahren ausschließlich als Durchgangswagen beschafft.

Für den Nahverkehr der großen Städte und den eigentlichen Stadtbahnverkehr haben sich sowohl Abteilwagen (in Berlin) als auch Durch-

gangswagen (in Wien) bewährt. Für erstere fällt der Vorteil des raschen Entleerens und Besetzens der Züge besonders ins Gewicht, doch ist wegen des ungünstigen Aufstieges die Anordnung von hohen Bahnsteigen notwendig, da sonst das Einsteigen in die Wagen unbequem ist. Bei niederen Bahnsteigen wird eher der Durchgangswagen mit Mittelgang und offenen Plattformen des bequem anzuordnenden Aufstieges wegen vorzuziehen sein. Diese Wagen bieten außerdem bei Massenandrang eine größere Anzahl von Stehplätzen.

b) Achsenzahl, Laufwerk, Radstand.

Die Anzahl der Achsen eines Wagens wird durch das Gewicht desselben bestimmt; bei der einzelnen Achse darf der zulässige größte Achsdruck jener Strecken, auf welchen der Wagen verkehren soll, nicht überschritten werden. Wegen der notwendigen sanften Abfederung wird jedoch bei Personenwagen die Belastung der einzelnen Achse in der Regel beträchtlich unter dem durch den zulässigen größten Achsdruck der Strecken gegebenen Werte bemessen.

Bei zweiachsigen Personenwagen mit einfacher Abfederung wird meist ein Radstand von 8 m und ein Eigengewicht von 17 t, und bei dreiachsigen Personenwagen ein Radstand von 9·5 m und ein Eigengewicht von 23 t nicht überschritten. Bei dreiachsigen Wagen wird, um das Reiten des Wagenkastens auf der Mittelachse und den hierdurch hervorgerufenen unruhigen Gang des Wagens nach Möglichkeit zu verhindern, diese geringer als die Endachsen — mit 20 bis 30% des Wagengewichtes — belastet.

In neuerer Zeit werden in Frankreich, Italien und Österreich auch zweiachsige Personenwagen mit hohem Eigengewicht (bis 23 t) und großem Radstande (bis 9·25 m) ausgeführt. Zur Erzielung eines sanften Ganges wird bei diesen Wagen nebst den üblichen, auf den Achsbüchsen aufsitzenden Blattfedern noch zwischen Untergestell und Kasten eine Abfederung, gleichfalls mit Blattfedern, eingeschaltet (vgl. Abb. 8). Diese Wagen, welche wegen des auf den einzelnen Sitzplatz entfallenden geringen toten Gewichtes in wirtschaftlicher Beziehung sehr vorteilhaft sind, haben auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten einen ruhigen Gang aufgewiesen. Kautschukbeilagen zur Abfederung des Wagenkastens gegen das Untergestell haben sich nicht bewährt.

Die Endachsen der zwei- und dreiachsigen Personenwagen werden zumeist als Lenkachsen, das heißt derart beweglich ausgebildet, daß sie sich beim Befahren von Bahnkrümmungen gegen den Mittelpunkt derselben in ausreichendem Maße einstellen können.

Feste Achsen (ohne größere Beweglichkeit gegen das Wagengestell in der Längsrichtung des Wagens) finden sich bei den verhältnismäßig großen Radständen der Personenwagen seltener vor. Die Größe des zulässigen Radstandes für feste Achsen (fester Radstand) bestimmt sich nach dem kleinsten Krümmungshalbmesser der Bahn. Im Interesse der Schonung des Oberbaues und der Radreifen wird jedoch nicht bis an jene Grenze gegangen, welche mit Rücksicht auf die Sicherheit gegen Entgleisung des vorderen Räderpaares in scharfen Krümmungen noch zulässig wäre.

Nach den „Technischen Vereinbarungen" des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen[1]) soll für Bahnen, bei denen in freier Strecke vielfach Krümmungen mit 180 m Halbmesser — der für Hauptbahnen im Vereinsgebiete zulässige kleinste Halbmesser — vorkommen, der Radstand der steifachsigen Wagen nicht mehr als 4·5 m, jener der Lenkachswagen nicht mehr als 9·0 m betragen.

Von wesentlichem Einflusse ist auch die Fahrgeschwindigkeit, mit welcher die Krümmungen befahren werden. Beispielsweise gehen auf Schleppbahnen (Industriegleise) mit Krümmungen von 100 m Halbmesser und darunter wegen der daselbst angewendeten geringen Fahrgeschwindigkeit auch Wagen mit Radständen, welche für derartige Krümmungen sonst nicht zugelassen werden, anstandslos über.

Die Lenkachsen werden in der Regel als freie Lenkachsen ausgebildet; bei diesen ist jede Achse unabhängig von der anderen verstellbar. Der erforderliche Spielraum für die Beweglichkeit der Achse findet sich hierbei zwischen Achsbüchse und Achshalter. Nach den „Technischen Vereinbarungen" müssen sich bei Wagen mit Vereinslenkachsen die Endachsen aus der zum geraden Gleis senkrechten Mittelstellung nach jeder Seite mindestens um 2·5 r Millimeter (jedoch nicht um mehr als 35 mm) verschieben können, wenn r den Radstand in Metern bezeichnet.

Gekuppelte Lenkachsen mit gegenseitig zwangläufiger Einstellung — bei dreiachsigen Wagen auch mit zwangläufiger Einstellung der Endachsen durch die Mittelachse und umgekehrt — werden seltener ausgeführt; desgleichen die bei zwei-, drei- und in England auch häufiger bei vierachsigen Wagen anzutreffende Anordnung jeder Achse in einem besonderen Schiebegestelle.

Um die freie Beweglichkeit der Lenkachsen zu sichern, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein: Die Federgehänge müssen pendelnd angeordnet sein und eine Bewegung der Federenden in der Querrichtung des Wagens zulassen, wenn eine wagerechte Drehung der Feder gegen den Achsschenkel nicht möglich ist. Die Bremsklötze dürfen auch bei angezogener Bremse die Einstellung der Achsen nicht hemmen. Gut bewährt haben sich Federgehänge mit Ringen auf Rollen und kettengliedrige Gehänge. Neigung und Länge der Gehänge sind so zu wählen, daß einerseits die Einstellung der Achsen in den Krümmungen, andererseits das Rückstellen der Achsen bei Auslauf des Fahrzeuges aus der Krümmung in die Gerade leicht vor sich geht. Die Schlußfolgerung zu dem vom V. D. E. V. 1902 herausgegebenen Berichte über die Beantwortung der technischen Frage „Bauart der Personenwagen" enthält hierüber folgendes:

„Eine Länge der Tragfedergehänge der Endachsen von 120 bis 150 mm und eine Neigung von 45° bis 60° gegen die Wagrechte haben sich als angemessen erwiesen."

Die Mittelachsen der dreiachsigen Wagen müssen für das anstandslose Durchfahren von Bahnkrümmungen eine dem in Betracht kommenden Krümmungshalbmesser und dem Abstande der Endachsen entsprechende Verschiebbarkeit in der Querrichtung des Wagens aufweisen. Nach den

[1]) Derselbe umfaßt derzeit die deutschen, österreichischen, ungarischen, niederländischen, rumänischen und luxemburgischen Eisenbahnen, ferner die Chimay-Eisenbahn in Belgien und die Warschau-Wiener Eisenbahn in Rußland.

„Technischen Vereinbarungen" ist bei einem Krümmungshalbmesser von 180 m bei Radständen der Endachsen bis zu 4 m und, wenn die Endachsen eine entsprechende Querverschiebbarkeit besitzen, auch bei größeren Radständen eine Querverschiebbarkeit der Mittelachse nicht erforderlich. Das Querspiel findet sich in der Regel zwischen Achsbüchse und Achshalter; in der Längsrichtung des Wagens ist die Achse fest gelagert. Bei bremsbaren Mittelachsen werden die Bremsklötze mit den Tragfedern durch Lenkvorrichtungen derart zwangläufig verbunden, daß sie dem Querspiel der Achse zu folgen vermögen und sohin das Streifen der Bremsklötze an den Spurkränzen der Räder verhindert wird.

Die feste Lagerung der Mittelachse in einem besonderen Schiebegestelle findet sich bei schweizerischen und süddeutschen Wagen häufiger vor; auf leichte gegenseitige Beweglichkeit des Schiebegestelles und Kastens ist hierbei zu achten. Bei dieser Bauart entfällt die vorerwähnte Lenkvorrichtung für die Bremsklötze, da diese am Schiebegestelle aufgehängt sind.

Die von der III. internationalen Konferenz für technische Einheit im Eisenbahnwesen[1]) zu Bern im Mai 1907 neu aufgestellten Bestimmungen enthalten bezüglich des Radstandes folgende Vorschriften:

„[1] Radstand neu zu erbauender Wagen: mindestens 2500 mm.

[2] Diese Bestimmung findet keine Anwendung auf Drehgestelle.

[3] Wagen mit Radständen bis einschließlich 4500 mm werden auf allen Eisenbahnlinien, die dem internationalen Verkehr dienen, zugelassen.

[4] Bei Drehgestellwagen ist der Radstand unbeschränkt, bei anderen Wagen dann, wenn ihre Achsen eine solche Verschiebbarkeit besitzen, daß die Wagen Krümmungen von 150 m Halbmesser durchfahren können. Wagen der letzteren Art mit einem Radstand von mehr als 4500 mm erhalten das Zeichen ◄⊖►.

[5] Die Vorschriften der Bahnverwaltungen über den zulässigen größten Radstand der Wagen, die den Absätzen 3 und 4 nicht entsprechen, sind den beteiligten Staaten bekannt zu geben.

[6] Wenn mehr als zwei Wagenachsen in einem gemeinsamen Rahmen gelagert sind, so müssen, sofern der Radstand mehr als 4000 mm beträgt, die Achsen derart verschiebbar sein, daß Krümmungen von 150 m Halbmesser anstandslos durchfahren werden können.

Von der genannten Konferenz wurde ausdrücklich anerkannt, daß die Wagen, die nach den Vorschriften des V. D. E. V. für den Durchlauf von Krümmungen von 180 m Halbmesser gebaut sind, ohne Anstand auch in Krümmungen von 150 m Halbmesser verkehren können."

Vier- und sechsachsige Personenwagen werden in der Regel als **Drehgestellwagen** ausgebildet.

Die Drehgestelle der Personenwagen besitzen fast durchweg doppelte Abfederung. Als Wiegenfedern werden quergestellte Kutschenfedern, seltener Schrauben-(Spiral-)Federn verwendet. Die Abfederung des Drehgestell-Rahmens erfolgt bei der europäischen Bauart durch auf den Achsbüchsen sitzende Blattfedern — häufig ist außerdem an deren Gehängen

---

[1]) Den Vereinbarungen über technische Einheit im Eisenbahnwesen gehören derzeit folgende Staaten an: Deutsches Reich, Österreich-Ungarn, Schweiz, Italien, Frankreich, Belgien, Niederlande, Luxemburg, Dänemark, Schweden, Norwegen, Rußland, Rumänien, Bulgarien, Serbien und Griechenland.

Digitized by Google

eine dritte Federung (Schraubenfedern) angeordnet (vgl. Abb. 5) —, bei der amerikanischen Bauart durch Schraubenfedern, die entweder gleichfalls auf den Achsbüchsen oder seitlich davon auf einem von Achsbüchse zu Achsbüchse verlegten Längsbalken sitzen. Drehgestelle mit einfacher Abfederung (durch Blattfedern auf den Achsbüchsen) werden bei Nebenbahnwagen häufiger verwendet. Der Rahmen der Drehgestelle wird aus Preßblech oder Winkeleisen hergestellt. Die Endachsen sind in der Regel fest gelagert.

Die Drehgestell-Wiege ist entweder fest oder beweglich, d. h. ohne oder mit Spiel in der Querrichtung des Wagens gegen die Drehgestellrahmen gelagert. Das Wiegenspiel ist häufig durch Kautschuk oder Schneckenfedern abgefedert. Bei festgelagerter Wiege wird der Wagenkasten gezwungen, den Bewegungen des Laufwerkes zu folgen, was in der Geraden zu unruhigem Gang des Wagens Veranlassung geben kann. Bei vorhandenem, genügend großen Spiel der Wiege werden die Bewegungen des Laufwerkes den Wagenkasten zwar weniger beeinflussen, doch werden bei der Ein- und Ausfahrt in Krümmungen ruckartige Ausschlagbewegungen der Überhänge des Wagens hervorgerufen, die insbesondere in Strecken mit rascher aufeinanderfolgenden Richtungsänderungen den Gang des Wagens unruhiger zu gestalten vermögen. Die Abfederung des Wiegenspieles hat nicht allseits befriedigt. Die Abfederung mit Kautschuk hat sich besser bewährt, während die Abfederung mit Schneckenfedern nach den Erfahrungen mancher Bahnverwaltungen geradezu den ungünstigsten Einfluß auf den ruhigen Gang der Wagen ausgeübt hat; diese Federn lassen, wie vielfach beobachtet wurde, wenn einmal Schlingern des Wagenkastens (Pendeln desselben um eine lotrechte Achse) eingetreten war, diese störende Bewegung nicht sobald zur Ruhe kommen.

Die Schlußfolgerung des Berichtes über die Beantwortung der technischen Frage: „Drehgestelle“ vom Jahre 1902 besagt hierüber:

„Zur Verminderung der Querbewegung der Wiegen werden mehrfach Rückstellfedern oder Gummipuffer angewendet. Freies Ausschwingenlassen der Wiegen ist vorzuziehen, wenn mit Rücksicht auf die Fahrgeschwindigkeit und die Wagenbreite der erforderliche freie Spielraum gegeben werden kann; müssen Rückstellvorrichtungen angewendet werden, so ist auf Einschränkungen der Querbewegungen schon im Entstehen hinzuwirken. Die gute, von allen vermeidbaren Spielräumen tunlichst freie Unterhaltung des Laufwerks trägt zur Verminderung störender Querbewegungen wesentlich bei.“

Länge und Überhänge der Wagen sollen nur so groß gewählt werden, daß beim Durchfahren der schärfsten Bahnkrümmungen noch eine ausreichende Überdeckung der Pufferscheiben und der Übergangsbrücken, ferner ein entsprechender Spielraum zwischen Übergangsbrücken, Faltenbälgen und Pufferscheiben auch bei ungünstigster Stellung der Wagen im Gleise stattfindet.

Über Vorteile und Nachteile der drei- und zweiachsigen Wagen gegenüber den vierachsigen Wagen ist in dem bereits früher erwähnten Berichte über die Beantwortungen der technischen Frage „Bauart der Personenwagen“ unter anderem folgendes angeführt:

„Drei- und zweiachsige Wagen haben gegenüber den vierachsigen Wagen die Vorteile der geringeren Anschaffungskosten und des kleineren Gewichtes für den Sitzplatz; sie bilden für den Betrieb wegen ihres geringeren Gewichtes und der kleineren Platzzahl eine bequeme Einheit.

Bei Ausbesserungen derselben werden dem Betriebe weniger Sitzplätze entzogen. Ferner haben drei- und zweiachsige Wagen den Vorteil der größeren zulässigen Kastenbreite und der daraus entspringenden größeren Breite des Sitzplatzes oder der Vermehrung der Sitzplätze einer Reihe. Bei Zügen mit Durchgangswagen ist durch die größere Anzahl der Eingangstüren ein rascheres Aus- und Einsteigen der Fahrgäste ermöglicht.

Hingegen ist die Herstellung größerer Räume, wie Salons, Schlafzimmer, Speiseräume usw. nur in beschränkter Weise möglich. Die vierachsigen Wagen mit Drehgestellen haben den Vorteil des wesentlich ruhigeren Ganges. Die bei den drei- und zweiachsigen Wagen für die Reisenden unangenehm fühlbare Beeinträchtigung oder Aufhebung der Federwirkung beim Bremsen macht sich bei den vierachsigen Wagen nicht bemerkbar, da die den Wagenkasten tragenden Federn durch die Bremse nicht beeinflußt werden. Die geringere Zuglänge und kleinere Anzahl der verschiedenen Kuppelungen ermöglichen eine einfachere Zugbehandlung und sind auch für die durchgehende Bremse und die Dampfheizung insofern vorteilhaft, als die Sicherheit der Wirkung dieser Einrichtungen durch die kürzeren Leitungen und die geringere Anzahl der schädlichen Dichtungsstellen erhöht wird. Vierachsige Durchgangswagen haben auch den Vorteil, daß bei gleichem Zuggewicht weniger Übergänge in einem Zuge sind und dadurch der Verkehr in demselhen erleichtert wird.“

In der Schlußfolgerung zu diesem Berichte ist enthalten:

„Bezüglich des sanften Ganges sind die vierachsigen Wagen den drei- und zweiachsigen vorzuziehen. In wirtschaftlicher Beziehung sind die zweiachsigen Wagen vorteilhafter. Für den Schnellzugsdienst erscheinen die vierachsigen Wagen insbesondere für hohe Geschwindigkeiten und krümmungsreiche Strecken geeigneter.“

Die vorstehend für die vierachsigen Drehgestellwagen angeführten Vorteile gelten in erhöhtem Maße für die sechsachsigen Drehgestellwagen. Insbesondere wird der Gang dieser Wagen wegen des höheren Eigengewichts und der dadurch bedingten größeren Unempfindlichkeit des Wagens gegen Schäden des Oberbaues und Unterbaues, wegen des größeren Drehzapfenabstandes und des größeren Radstandes der Drehgestelle noch wesentlich ruhiger als bei den vierachsigen Wagen. In wirtschaftlicher Beziehung stellt sich jedoch der sechsachsige Wagen wegen des auf den einzelnen Sitzplatz entfallenden größeren toten Gewichtes ungünstiger.

In der Verwendung der Wagen nach ihrer Achsenzahl in den Schnellzügen wird bei den einzelnen Bahnverwaltungen sehr verschieden vorgegangen. Zahlreiche Bahnverwaltungen führen in ihren Schnellzügen auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten noch zweiachsige Wagen mit verhältnismäßig kleinen Radständen, wogegen andere Verwaltungen selbst die Mitnahme der dreiachsigen Wagen auf das Notwendigste beschränken. (Die Preußischen Staatseisenbahnen streben die ausschließliche Verwendung von Drehgestellwagen in den Schnellzügen an.)

Wie die Erfahrung lehrt, hat die Verwendung von drei- und zweiachsigen Wagen entsprechender Bauart auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten keine Gefahr im Gefolge, insbesondere wenn die Einstellung leichter Wagen zwischen wesentlich schwerere vermieden wird. Dennoch sind die Bahnverwaltungen vornehmlich mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Reisenden, welche die Drehgestellwagen wegen des sanfteren Ganges und

Digitized by Google

der größeren Bequemlichkeit bevorzugen, bestrebt, diese Wagen in steigender Anzahl für den Schnellzugsdienst zu verwenden.

Als Vorbedingungen für den guten Gang der Wagen wären anzuführen,

α) soweit die Wagenbauart in Frage kommt:

Entsprechende Wahl des Verhältnisses zwischen Radstand und Untergestellänge (in der Schlußfolgerung des Berichtes der Beantwortungen über die Frage: „Bauart der Personenwagen“ ist hierüber aufgenommen: „Das Verhältnis zwischen Radstand und Untergestellänge wird um so größer gewählt werden, je größer das Gewicht der überhängenden Teile und je größer die Fahrgeschwindigkeit der Züge ist, in welchen die Wagen verwendet werden“); großer Radstand, großes Wagengewicht, gleichmäßige Belastung der einzelnen Räder der Endachsen, geringere Belastung der Mittelachse gegenüber einer Endachse, Verlegung der am Untergestell befindlichen schweren Bauteile (Akkumulatorenkasten, Gasbehälter usw.) gegen die Wagenlängsmitte zu, entsprechend elastische Tragfedern gleicher Durchbiegung (Länge bei zwei- und dreiachsigen Wagen 1800 bis 2200 mm, Blattstärke 9 bis 13 mm; zu weiche Abfederung begünstigt das Schwanken der Wagen um die Wagenlängsachse) und leicht bewegliche Federgehänge.

β) soweit andere Umstände in Frage kommen:

Gut im Stande gehaltene Bahnstrecke mit schwerem Oberbau, gut im Stande gehaltenes Laufwerk der Wagen (Räderpaare, Achslager, Tragfedern und Tragfedergehänge; insbesondere sind ausgelaufene Spurkränze zu vermeiden), gut im Stande gehaltene Zug- und Stoßvorrichtungen (insbesondere sind ausgeschlagene Pufferhülsen zu vermeiden), ferner straffe Kuppelung mit den Nachbarwagen.

In die Personenzüge werden vornehmlich zwei- und dreiachsige Wagen, seltener Drehgestellwagen eingestellt. Im Nahverkehr großer Städte und auf Nebenbahnen stehen überwiegend zweiachsige Wagen in Verwendung.

Sechsachsige Wagen sind in Europa noch in verhältnismäßig geringer Anzahl vorhanden. Es sind dies bis jetzt vornehmlich Luxuswagen (Salonwagen, Schlafwagen und Speisewagen); die Preußischen Staatseisenbahnen haben in den letzten Jahren auch mit der Beschaffung von sechsachsigen Klassenwagen (Durchgangswagen) begonnen.

Nach den statistischen Mitteilungen des V. D. E. V. von Ende 1906 waren bis dahin im Vereinsgebiete nur 200 sechsachsige Personenwagen (hiervon in Preußen allein 192) gegenüber rund 6520 vierachsigen, 18700 dreiachsigen und 43900 zweiachsigen Personenwagen in Verwendung. In Amerika finden sich fast nur Drehgestellwagen mit 4 und 6 Achsen vor.

c) Bauteile des Untergestells.

Über diese sei, soweit sie nicht schon vorstehend besprochen sind, kurz folgendes angeführt:

Das Untergestell-Gerippe der Personenwagen wird in Europa zumeist aus Eisen, in Amerika zumeist aus Holz hergestellt. Sogenannte gemischte Untergestelle mit Querträgern aus Holz oder mit Holzpolsterung der eisernen Träger sind seltener, vornehmlich bei Drehgestellwagen, zur Schalldämpfung während der Fahrt in Anwendung.

Die Achsen der Personenwagen werden mit Rücksicht auf die gebotene größere Sicherheit stärker ausgeführt als jene der Güterwagen. Nach den „Technischen Vereinbarungen“ sind die Achsen bei Verwendung

von gutem Flußstahl im Schenkel mit höchstens 560 kg (bei Güterwagen 700 kg), in der Nabe mit höchstens 450 kg (bei Güterwagen 560 kg) auf das Quadratzentimeter zu beanspruchen; die Achsen dürfen keine Ansätze an oder in den Naben erhalten; bei allen Achsen sind scharfe Ansätze zu vermeiden.

Bezeichnungen auf dem Schaft der Achsen sollen nicht mit scharfkantigen Werkzeugen eingeschlagen werden.

In Österreich wird in letzter Zeit eine Achsform angewendet, bei welcher die Achsnabe mit der inneren Stirnfläche der Radnabe bündig abschließt und wobei von da ab der Achsschaft eine sanft übergehende Querschnittsverminderung aufweist (vgl. Abb. 14); der genaue bündige Abschluß wird durch gemeinschaftliches Abstechen der Innenseiten der Rad- und Achsnabe bei aufgepreßtem Rade erreicht. Nach den bei Lokomotiven und Tendern mit dieser Achsform seit längerem gemachten Erfahrungen ist zum Teile eine Verminderung der Zahl jener am häufigsten vorkommenden Achsanbrüche, welche bei der sonst üblichen Achsform mit durchlaufender Achsnabe (vgl. Abb. 15) innerhalb der Radnabe nächst deren Innenfläche auftreten, zum Teile ein Verlegen dieser Anbrüche außerhalb der Radnabe zu erwarten, welcher Umstand die Entdeckung von Achsanbrüchen im Betriebe wesentlich erleichtert.

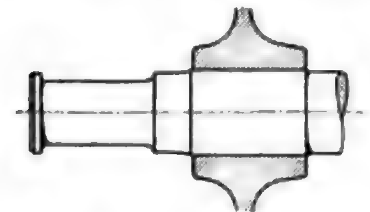


Abb. 14. Achse mit abgesetztem Schaft.

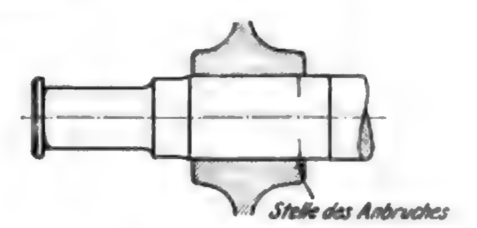


Abb. 15. Achse älterer Bauart mit Anbrüchen innerhalb des Radsitzes.

Die **Räder** der Personenwagen werden als eiserne, aus einem Stück hergestellte Radscheiben oder Radsterne mit aufgezogenen Radreifen ausgeführt. Die in Amerika auch unter Personenwagen vielfach verwendeten Hartgußräder (Schalengußräder), System Griffin, bei welchen Nabe, Scheibe und Reifen in einem Stück gegossen und die Laufflächen gehärtet sind, werden in Europa unter Personenwagen nur bei Schmalspurbahnen häufiger verwendet.

Radsterne mit Speichen und Radkranz aus Schmiedeeisen und Radnabe aus Gußeisen sind nur bei älteren Wagen vorhanden. Radscheiben aus Holz werden in England, solche aus gepreßtem Papier in Amerika häufiger verwendet.

Für die **Befestigung der Radreifen** auf dem Radkörper haben sich am besten die durchlaufenden Sprengringe (Bork und der ähnliche deutsche Sprengring, sowie der Sprengring Bauart Glück-Curant) bewährt. Klammerringbefestigungen, sowie aufgeschweißte Radreifen werden seltener verwendet. Die „Technischen Vereinbarungen" schreiben für neue Radsätze Befestigungsarten vor, welche bei eintretendem Bruch eines Reifens das Loslösen desselben vom Radkörper sowie ein Abfliegen einzelner Reifenstücke verhindern. Letzterer Bedingung entsprechen die bei älteren Wagen noch anzutreffenden Befestigungen mit Schrauben oder Nieten nicht.

An der Stirnfläche der Radreifen wird häufig ein Merkmal durch Eindrehen einer Nut oder besser durch Absetzen der Stirnfläche angebracht, von dem aus die Radreifenstärke gemessen werden kann.

Die „Technische Einheit" (Mai 1907) enthält bezüglich der Räder folgende Vorschriften (die durch die „Technischen Vereinbarungen" festgelegten Maße sind beigefügt).

	Größtes Maß in mm	Kleinstes Maß in mm
Abstand der Räder einer Achse, gemessen zwischen den inneren Flächen der Radreifen oder der sie ersetzenden Teile	1366	1357
(Nach den „Technischen Vereinbarungen") . .	1363	1357
Breite der Radreifen oder der sie ersetzenden Teile	150	130
Zulässiges Minimum für bestehendes Material, unter der Bedingung, daß der Abstand der Räder mindestens 1360 mm betrage	—	125
(Nach den „Technischen Vereinbarungen") . . .	150	130
Entfernung von Außenkante zu Außenkante der Spurkränze, gemessen 10 mm außerhalb der beiden in einer Entfernung von 1500 mm voneinander anzunehmenden Laufkreise	1425	1405
(Nach den „Technischen Vereinbarungen") . . .	1425	1410
Höhe der Spurkränze bei normaler Stellung der Räder auf geradem, wagerechtem Gleise, von Schienenoberkante senkrecht gemessen	36	25
(Nach den „Technischen Vereinbarungen") . . .	36	25
Stärke der Radreifen in der Ebene des Laufkreises gemessen	—	25
(Nach den „Technischen Vereinbarungen") . . .	—	25

Die einteiligen Achsbüchsen, welche eine Untersuchung der Achsschenkel leichter ermöglichen als die zweiteiligen Achsbüchsen, werden letzteren besonders bei Personenwagen vielfach vorgezogen. Die Schlußfolgerung des Berichtes über die Beantwortung der technischen Frage: „Einteilige Achsbüchsen" vom Jahre 1902 lautet: „Die einteilige Achsbüchse hat sich bei Personenwagen bewährt. Unter Güterwagen ist sie infolge der heftigen Stöße, welche beim Aufhalten der Wagen durch Hemmschuhe entstehen, oft zerbrochen. Durch geeignete Gestaltung der Lagerschale und des Gehäuses ist aber die Anzahl der Brüche verringert worden. Die weitere Einführung dieser Büchse ist zu empfehlen."

Die Federstützen der Personenwagen werden, damit zu großen Unterschieden in den Pufferhöhen der benachbarten Wagen vorgebeugt werden kann, mit einer Nachstellvorrichtung (lotrechte, schräge oder wagrechte Spannvorrichtung, auch lotrechte und wagrechte Spannvorrichtung kombiniert) versehen.

Die Zug- und Stoßvorrichtungen sind bei den Wagen der europäischen Eisenbahnen nach dem Zweipuffersystem mit zentraler Schraubenkuppelung angeordnet, während bei den Wagen der amerikanischen Eisen-

bahnen das Einpuffersystem mit selbsttätiger Mittelkuppelung, die zugleich Stoßvorrichtung ist, in Anwendung steht.

Zentral vereinigte Zug- und Stoßvorrichtungen (mit selbsttätiger oder nicht selbsttätiger Kuppelung) finden sich in Europa nur auf Nebenbahnen ohne Übergang von Hauptbahnwagen vor.

Die „Technische Einheit" (Mai 1907) schreibt bezüglich der Zug- und Stoßvorrichtungen vor:

Elastische Zug- und Stoßapparate müssen an beiden Stirnseiten der Wagengestelle angebracht sein.

Diese Bestimmung findet keine Anwendung auf Güterwagen, die für spezielle Transporte verwendet werden.

	Größtes Maß in mm	Kleinstes Maß in mm
Höhenlage der Puffer, von Schienenoberkante bis zur Mitte der Pufferscheiben senkrecht gemessen:		
bei leeren Wagen	1065	—
„ größter Belastung	—	940
Zulässige Maße für das vor 1887 gebaute Material:		
bei leeren Wagen	1070	—
„ größter Belastung	—	900
(„Technische Vereinbarungen" siehe weiter unten.)		
Abstand der Puffer von Mitte zu Mitte	1770	1710
Zulässige Maße für das vor 1887 gebaute Material	1880	1700
(Nach den „Technischen Vereinbarungen")	1760	1740
Durchmesser der Pufferscheiben	—	340
Zulässiges Maß für das vor 1887 gebaute Material	—	300
Für Fahrzeuge, bei denen der Abstand der Puffer geringer ist als 1720 mm, muß der horizontale Durchmesser der Pufferscheiben mindestens 350 mm betragen. („Technische Vereinbarungen" siehe weiter unten.)		
Freie Räume an den Stirnseiten der Wagen zu beiden Seiten der Zugvorrichtung, zwischen dieser, den Pufferscheiben und den vor der Kopfschwelle vortretenden festen Teilen an beliebiger Stelle:		
Breite	—	400
Tiefe bei völlig eingedrückten Puffern	—	300
Höhe über Schienenoberkante	—	1800
Für bestehendes Material wird kein Maß festgesetzt. („Technische Vereinbarungen" siehe weiter unten.)		
Vorsprung der Puffer über den Zughaken, von der Angriffsfläche des nicht angezogenen Hakens bis zur Stirn der nicht eingedrückten Puffer, gleichlaufend mit der Wagenachse gemessen	400	300
Zulässiges Maß für das vor 1887 gebaute Material:		
Personenwagen	430	—
Güterwagen	430	223
(Nach den „Technischen Vereinbarungen")	395	345

Digitized by Google

	Größtes Maß in mm	Kleinstes Maß in mm
Länge der Kuppelungen, von der Stirnseite der nicht eingedrückten Puffer bis zur Innenseite des Einhängbügels, bei ganz ausgeschraubter und gestreckter Kuppelung gemessen	550	450
Für das vor 1887 gebaute Material werden keine Maße festgesetzt.		
Kleiner Durchmesser des Querschnittes der Kuppelungsbügel am Berührungspunkte mit dem Zughaken	35	25
Sicherheitskuppelungen. Die Eisenbahnfahrzeuge sollen sich in doppelter Weise so miteinander verbinden lassen, daß die Sicherheitskuppelung in Wirksamkeit tritt, wenn die Hauptkuppelung bricht. Wagen mit zentraler Sicherheitskuppelung sollen die doppelte Verbindung auch mit Fahrzeugen, die mit Notketten versehen sind, gestatten.		
Kuppelungsteile, die auf weniger als 130 mm über Schienenoberkante herabhängen könnten, müssen mindestens auf diesen Abstand eingeschraubt oder aufgehängt werden können.		
Für vorhandenes Material tritt diese Vorschrift mit dem 1. Januar des Jahres 1912 in Kraft.		

Nach den „Technischen Vereinbarungen“ müssen alle Wagen mit durchgehenden Zugstangen versehen sein; Ausnahmen sind nur zulässig für die zu besonderen Zwecken gebauten Wagen. Für Wagen von größerer Länge (über 7·5 m Radstand) wird die Anordnung eines entsprechenden seitlichen Spielraumes für den Zughakenvierkant und die Anwendung von Puffern, welche sich durch Hebel gegenseitig zwangläufig einstellen (Ausgleichpuffer) empfohlen; für die Höhenlage der Zug- und Stoßvorrichtungen über Schienenoberkante ist ein größter Wert von 1065 mm und ein kleinster Wert von 940 mm, bei Wagen mit Übergangsbrücken von 980 mm festgesetzt; der Durchmesser der Pufferscheiben muß mindestens 340 mm, bei Wagen mit Drehgestellen mindestens 400 mm betragen, darf jedoch bei Wagen mit Übergangsbrücken 450 mm nicht übersteigen; vom Fahrzeug aus gesehen, muß die Stoßfläche des linken Puffers eben, die des rechten gewölbt sein; das Spiel der Puffer darf 150 mm nicht überschreiten und nicht kleiner als 70 mm sein; der Auszug der Zugvorrichtung muß mindestens 50 mm und darf nicht mehr als 150 mm, bei Personenwagen mit langen Übergangsbrücken nicht mehr als 65 mm betragen. Die freien Räume an den Stirnseiten der Wagen dürfen nicht an einer beliebigen Stelle zwischen Pufferscheiben und Zugvorrichtung, sondern müssen unmittelbar neben der Kuppelung bis 2000 mm Höhe über Schienenoberkante vorhanden sein (Breite und Tiefe wie in der Techn. Einheit); als Stützen für die Wagenkuppler sind bei Wagen ohne Notketten an jeder Kopfschwelle je zwei stangenförmige Handgriffe unterhalb der Puffer anzubringen, sofern an

diesen Stellen nicht andere, zum Anhalten gleich gut geeignete Bestandteile vorhanden sind.

Bei der durchgehenden Zugvorrichtung wird die Zugkraft nur durch die Zugstangen übertragen; das Untergestell wird nur insoweit beansprucht, als die Zugvorrichtungsfeder (Schneckenfeder) den Widerstand des eigenen Fahrzeuges auf dessen Untergestell überträgt. Bei der nicht durchgehenden Zugvorrichtung, welche vornehmlich in England, Frankreich und Belgien in Verwendung steht, wird die gesamte Zugkraft durch das Untergestell übertragen. Die Abfederung der Zug- und Stoßvorrichtung erfolgt hierbei in der Regel durch Blattfedern.

Der hinter der Wagenbrust befindliche Teil der Zugstange wird bei beiden Bauarten häufig mit einem Fangkeil versehen, um bei dem Bruche des schwachen Teiles der Zugstange Zugtrennungen zu vermeiden.

Die durchgehende Zugvorrichtung ist zwar für Schonung des Untergestelles vorteilhaft, hat jedoch gegenüber der nicht durchgehenden Zugvorrichtung den Nachteil, daß bei dem einem starken Auflaufen des Zuges folgenden Strecken desselben, was beispielsweise bei scharfen Bremsungen häufig eintritt, infolge der Starrheit der Zugstange bei angespannter Kuppelung, leichter Zugtrennungen eintreten.

Als Sicherheits-(Not)-Kuppelung hat sich allgemein der an dem Hauptbolzen der Schraubenkuppelung befestigte Scherhaken eingebürgert, der mit der Hauptkuppelung des Nachbarwagens verbunden die Notkuppelung herstellt. Notketten werden bei Neubau nur noch von wenigen Bahnen (beispielsweise in Frankreich und Belgien) ausgeführt.

Die mit dem Bau von schweren Lokomotiven Hand in Hand gehende Steigerung der Zuggewichte hat in den letzten Jahren die Frage der Verstärkung der bestehenden Zug- und Stoßvorrichtung immer mehr in den Vordergrund gerückt, um so mehr als das Studium der Frage der Einführung einer selbsttätigen Mittelkuppelung[1]) bis jetzt so wenig befriedigende Ergebnisse gezeitigt hat, daß eine Lösung dieser Frage in absehbarer Zeit nicht zu gewärtigen steht.

Im V. D. E. V. wurde bereits im Jahre 1898 beschlossen, bei Neubeschaffung von Fahrzeugen, sowie bei Erneuerung unbrauchbar gewordener Zugvorrichtungen Zughaken von größerem Bruchquerschnitt auszuführen; des weiteren wurde in den „Technischen Vereinbarungen" vorgeschrieben, daß Zugstangen, welche in dem viereckigen Teile vom Zughaken ab einen geringeren Querschnitt als 20 qcm besitzen und solche, bei denen der runde Teil einen geringeren Durchmesser als 42 mm besitzt, nur noch bis zum Schluß des Jahres 1907 im Betriebe verwendet werden dürfen. Eine Verstärkung der Schraubenkuppelung wurde damals nicht in Aussicht genommen.

In letzterer Zeit haben jedoch mehrere Bahnen (insbesondere in Österreich) wegen der vornehmlich auf Gebirgsstrecken immer häufiger auftretenden Brüche oder Streckungen der Schraubenspindel, welch letztere die Ungangbarkeit derselben zur Folge haben, eine Verstärkung der Spindel durch Vergrößerung des Kerndurchmessers von 33 mm auf 40 mm nebst entsprechender Verstärkung der Spindelmuttern und Kuppelungslaschen vorgenommen. Die Kuppelung erfährt hierbei nur eine unwesentliche Ge-

---

[1]) Vgl. Bd. I, Weddigen, Selbsttätige Mittelkuppelungen.

wichtsvermehrung (etwa 1·5 kg), so daß sich eine fühlbare Mehrleistung für das Anheben der Kuppel nicht ergibt.

Die Frage der Verstärkung der bestehenden Schraubenkuppelung wird im V. D. E. V. neuerdings bearbeitet.

Die Bremseinrichtungen der Wagen sind an anderer Stelle behandelt.[1]) Hier sei nur bemerkt, daß die mit durchgehender Bremse versehenen Personenwagen in der Regel auch Handbremse erhalten. Schnellzugswagen werden fast ausnahmslos mit Bremse ausgerüstet.

d) Bauteile des Wagenkastens.

Die Kasten der Personenwagen werden aus Holz mit äußerer Blechverschalung (seltener Holzverschalung, nach amerikanischem Vorbild) ausgeführt. In neuester Zeit werden in Amerika Wagen zum Schutze gegen Feuersgefahr auch vollständig aus Stahl erbaut.

Die Breite und Höhe des Wagenkastens richtet sich nach den für die festen Teile der Wagen vorgeschriebenen Umgrenzungslinien der Länder oder Bahnen, auf deren Strecken der Wagen verkehren soll.

Bei den Personenwagen der Bahnen des V. D. E. V. werden die Breiten- und Höhenabmessungen in der Regel unter Zugrundelegung der in Abb. 16 dargestellten Umgrenzungslinien bestimmt. Die daselbst ersichtlichen Breitenmaße müssen bei längeren Wagen mit Rücksicht auf die bei der Durchfahrt von scharfen Krümmungen sich ergebenden Ausschläge der Wagenteile aus der Gleismitte entsprechend eingeschränkt werden, da bei den wenigsten Bahnen in den scharfen Krümmungen eine Erweiterung der Lichtraumumgrenzung oder bei doppelgleisigen Strecken eine Vergrößerung des Abstandes der Gleismitten vorhanden ist. Die „Technischen Vereinbarungen“ geben für diese Breiteneinschränkungen bestimmte Werte. Wagen, die auf italienische Bahnen, ferner solche, die auf einige französische und belgische, für den internationalen Verkehr jedoch weniger in Betracht kommende Bahnen übergehen sollen, müssen wegen der geringeren Breite der Umgrenzungslinien dieser Bahnen (größte Breite der italienischen Umgrenzungslinien 3100 mm) eine weitere Einschränkung der Wagenbreiten erfahren.

Nach der Form des Wagenkastens unterscheidet man Wagen mit Dachaufbau (vgl. Abb. 4) und solche ohne Dachaufbau (vgl. Abb. 8). Das Dach wird an die Seitenwände entweder eckig (vgl. Abb. 11) oder mit starker Abrundung (vgl. Abb. 8) angeschlossen; gegen die Plattformen zu wird es häufig, insbesondere bei Schnellzugswagen, nach amerikanischem Vorbild mit sanftem Abfall eingezogen. Der Dachaufbau verleiht zwar dem Wagen ein gefälligeres Aussehen und ist (insbesondere bei eckigem Dachanschluss) zwecks Erzielung eines größeren Innenraumes vorteilhaft, beeinträchtigt jedoch die Steifigkeit des Wagenkastens und erfordert eine kostspielige Erhaltung. Aus letzteren Gründen wird bei rundem Dachanschluß auch wegen der hierbei möglichen besseren Ausnutzung der Umgrenzungslinie für die Herstellung eines genügend großen Innenraumes häufig auf die Anordnung des Dachaufbaues verzichtet.

Nebenbahnwagen werden selten mit Dachaufbau ausgeführt.

---

[1]) Vgl. Bd. I, Rihosek, Luftdruck- und Luftsaugebremsen.

Bei den Abteilwagen wird der Kasten, um den Aufstieg günstiger zu gestalten, nach unten hin stark eingezogen.

Die an den Stirnseiten der Durchgangswagen angeordneten Übergangsbrücken sind aufklappbar und bei neueren Wagen einteilig, im niedergelegten Zustande die Pufferstoßflächen überragend, ausgeführt. Bei den gekuppelten Wagen muß nach den „Technischen Vereinbarungen" zur Vermeidung des Klaffens der übereinandergelegten Brücken die tiefer-

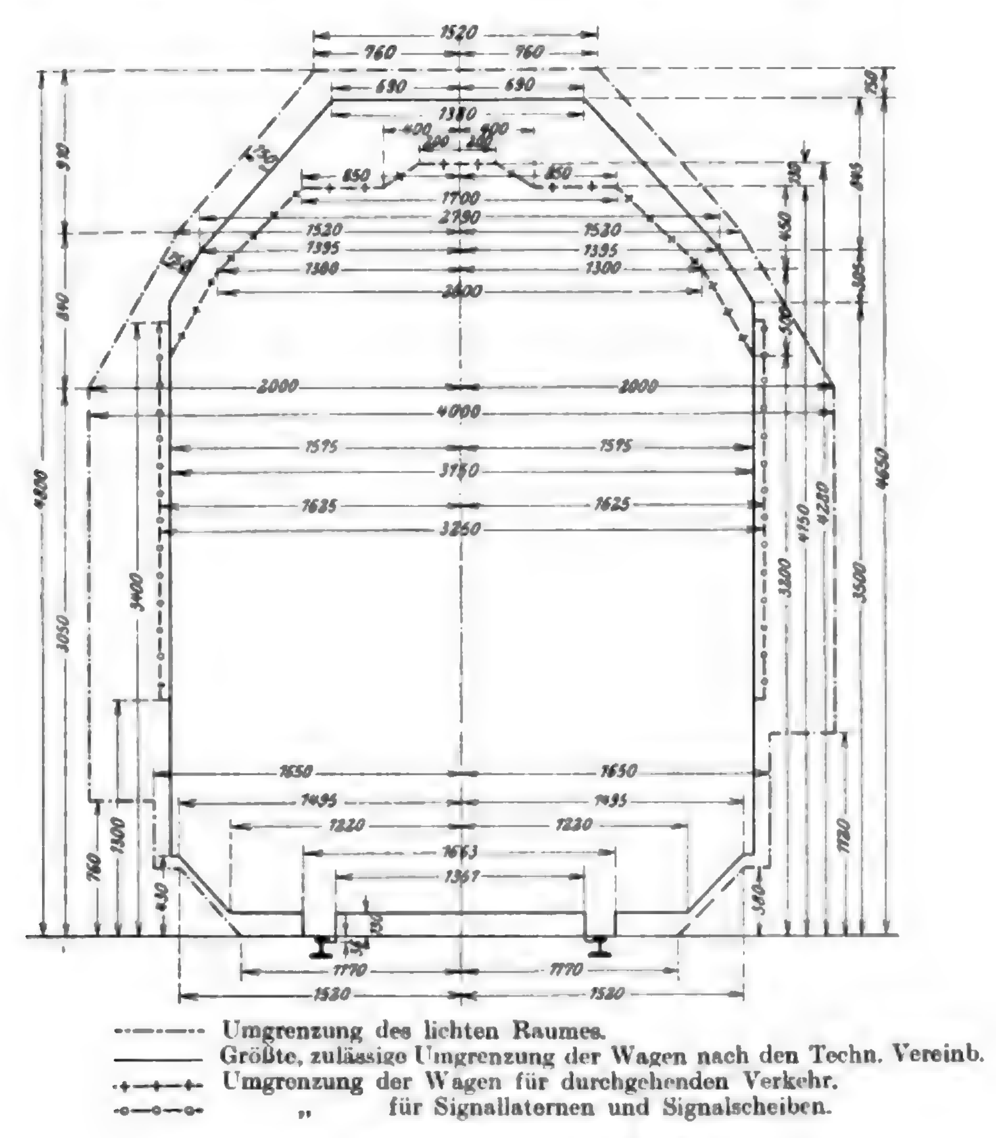


Abb. 16. Umgrenzungslinien für Wagen.

liegende Brücke des einen Wagens auf die höherliegende des Nachbarwagens gelegt werden. Kurze, die Pufferfläche nicht überragende Brücken sind seltener, zumeist nur bei älteren Wagen oder Nebenbahnwagen vorhanden. Die Übergänge werden bei Wagen mit nach innen aufschlagbaren Stirntüren mit seitlichen Schutzvorrichtungen (zusammenschiebbare Schergitter, Lederplachen usw.) gegen das Hinabstürzen der Reisenden von den Übergangsbrücken versehen. Bei den nach außen aufschlag-

Digitized by Google

baren doppelflügeligen Stirntüren bieten die offenstehenden Türflügel diesen Schutz.

Bei den neueren Schnellzugswagen wird der Übergang noch durch in sich geschlossene, von der Stirnwand der Wagen harmonikaartig ausziehbare Faltenbälge aus Leder oder Segeltuch umhüllt. Die Verbindung der Faltenbälge zweier benachbarter Wagen erfolgt mittels an den Faltenbalgrahmen angebrachter Vorreiber. Die früher übliche und bei älteren Wagen noch angewendete Verbindung mittels loser Durchschrauben hat sich wegen der zeitraubenden Handhabung und des häufigen Verlustes der Schrauben nicht bewährt.

Auf dem Dache befinden sich Laufbretter, welche insbesondere dann notwendig sind, wenn die Abteillampen nur vom Dache aus angezündet werden können. Zu den Dachlaufbrettern führen an den Stirnwänden der Wagen Aufstiege mit Anhaltstangen (zumeist nur bei Wagen mit Spindelbremse). Nach den „Technischen Vereinbarungen" sollen die über den Dachrand ausladenden Enden der Dachlaufbretter nicht mehr als 250 mm hinter den Stoßflächen der nicht eingedrückten Puffer zurückstehen (um das Übersteigen von einem Wagen zum andern möglichst zu erleichtern). Neben den Enden der Dachlaufbretter werden häufig noch kräftige Handstangen, welche beim Übersteigen als Stütze benützt werden können, angebracht. Auch Stützgeländer entlang des Dachlaufbrettes finden sich vor.

Zur Ableitung des Regenwassers dienen entweder Dachrinnen oder Tropfbleche; über letzteren befinden sich häufig noch schräg gestellte Abweiser für Ablauf des Wassers seitlich der Türen und Fenster. Am Dache sind ferner noch Signalleinenösen angebracht.

Die Stützen für die seitlichen Ausschlaglaternen werden in der Regel auf dem Dache beiderseits der Wagenmitte oder bei Wagen mit offenen Plattformen an den vertikalen Geländersäulen, zuweilen auch an den untersten Fußtrittbrettern (bei der Wiener Stadtbahn) so angebracht, daß die aufgesteckten Laternen oder Signalscheiben auch von der Lokomotive aus gesehen werden können. Der Kloben für die Schlußsignallaterne wird an der Wagenstirnwand, an dem Brustträger, an Geländerteilen oder an der Unterseite der Übergangsbrücke befestigt.

Die seitlichen Einsteigtüren sind in der Regel einflügelige Türen, bei den Abteilwagen nach außen, bei den Durchgangswagen nach außen oder innen aufschlagbar.

Die nach außen aufschlagbaren Türen besitzen an der Innenseite schräg gestellte Handgriffe, die als Stütze für das Ein- und Aussteigen dienen.

Die auf offene Plattformen führenden Türen werden zumeist als Flügeltüren nach außen aufschlagbar, seltener als Schiebetüren — beispielsweise bei der Wiener Stadtbahn mit gutem Erfolg — ausgeführt. Die Schiebetüren geben zwar einen weniger dichten Verschluß, erleichtern jedoch das Ein- und Aussteigen; bei Massenandrang von Reisenden erweisen sie sich sohin vorteilhaft. Die bei Wagen mit offenen Plattformen gleichfalls in Anwendung stehenden doppelseitig aufgehenden Flügeltüren (System Belczak, Friedrich usw.), welche ein Öffnen und Schließen auf der jeweiligen Einsteigseite zulassen, haben sich weniger bewährt. Sie erfordern eine äußerst sorgfältige Instandhaltung, da sonst binnen kurzem die Verschlüsse

schwer zu handhaben sind; auch sind solche Türen dann beim Öffnen herausgefallen, wenn vom Zugpersonale unterlassen wurde, den einen der beiden Verschlüsse abzusperren.

Die Türen im Wageninnern, wie Verbindungstüren der Personenabteile, Eingangstüren vom Seitengang in diese und Aborttüren werden sowohl als Flügeltüren wie als Schiebetüren ausgeführt. Zur Verbindung von Seitengangabteilen dienen in der Regel Flügeltüren (häufig Pendeltüren).

Die Verschlüsse der seitlichen Einsteigtüren müssen einerseits genügende Sicherheit gegen zufälliges Öffnen der Türen, insbesondere wenn diese nach außen aufschlagbar sind, bieten, andererseits so weit handbar und zugänglich sein, daß die Türen jederzeit von den Reisenden ohne Mithilfe des Eisenbahnpersonals von innen geöffnet werden können, wodurch auch das Entkommen im Gefahrsfalle durch die Türöffnungen erleichtert wird.

Bei den nach außen aufschlagbaren Türen sind vornehmlich zwei Ausführungsformen der Verschlüsse zu unterscheiden. Die eine, beispielsweise in Österreich angewendete, besteht aus drei getrennten Verschlüssen: einem Fallenschloß mit beiderseitigen Handgriffen, einem Einreiber, innen mit Handgriff, außen mit Dorn und einem außen angebrachten Vorlegehaken, der innen nur mit Dorn versehen ist. Dieser Haken ist so angeordnet, daß er von innen bei geöffnetem Fenster mit der Hand erfaßt werden kann. Bei dem andern, hauptsächlich in Deutschland angewendeten Verschluß fällt der Vorlegehaken weg. Fallenschloß und Einreiber sind in der Regel in einem Schloß vereinigt und besitzen innen und außen je einen gemeinsamen Handgriff, der beim Niederdrücken zunächst den Einreiber und weiterhin nach Überwindung einer stärkeren Federkraft den Fallenverschluß öffnet. Um zu verhindern, daß dieser Handgriff als Stützpunkt benutzt wird, ist oberhalb desselben eine wagerechte Schutzstange angeordnet, die gleichzeitig als Handgriff für das Zuziehen der offenen Türe dient. Bei beiden Ausführungen ist die Stellung des Einreibergriffes innen durch die Anschriften „offen" und „zu" gekennzeichnet.

Während die erstere Anordnung mehr für die größere Sicherheit gegen zufälliges Öffnen berechnet erscheint, ist bei letzterer dem leichteren Öffnen der Türen, somit auch dem leichteren Entkommen im Gefahrsfalle noch besonders Rechnung getragen.

Bei den nach außen aufschlagbaren Einsteigtüren werden im Innern der Wagen Schutzleisten gegen das Einklemmen der Finger in den Türfalzen angebracht.

Offene Plattformen werden mit Stirngeländer versehen und seitlich durch Überlegeisen oder lotrecht aufstellbare, gelenkige Dreieckverschlüsse oder seltener durch die zwar größere Sicherheit gegen das Herabfallen bietenden, aber das rasche Ein- und Aussteigen behindernden Blechflügeltüren — in halber Manneshöhe in der Regel nach innen aufschlagbar angeordnet — abgeschlossen.

Die Fenster der Einsteigtüren sind herablaßbar. Bei den Abteilwagen sind seitlich der Türen in den Kastenwänden, und zwar in der Regel nur in der I. und II. Klasse feste Fenster angeordnet. Diese Dreiteilung der Fenster (vgl. Abb. 1) wurde ursprünglich auch für die Durchgangswagen übernommen. In neuerer Zeit erhalten letztere jedoch zwischen

den Sitzen entweder zwei herablaßbare (vgl. Abb. 9) oder auch nur ein einziges, für das leichtere Entkommen im Gefahrsfalle entsprechend breites, herablaßbares Fenster (Fensteröffnung nicht unter 1 m Breite, vgl. Abb. 5). Feste Fenster werden entweder ganz vermieden oder in beschränkter Zahl bloß in den Seitengängen angeordnet. Solche Seitengangfenster werden auch als doppelflügelige, nach außen drehbare Notfenster mit plombiertem, innerem Verschlusse ausgebildet. Die Fenster besitzen entweder Holz- oder Metallrahmen oder werden, beispielsweise bei schweizerischen Wagen, auch rahmenlos ausgeführt. Wegen der geringeren Reibung in der Fensterführung und des guten Schutzes gegen Eindringen von Zugluft werden rahmenlose oder Fenster mit Metallrahmen und mit Ausgleichvorrichtungen zum selbsttätigen Verbleiben des Fensters in jeder Höhenlage insbesondere bei großen Fensteröffnungen den Fenstern mit Holzrahmen häufig vorgezogen. Andererseits sind die Fenster mit Metallrahmen und Ausgleichvorrichtung teuer und schwer und erfordern eine sorgfältige Instandhaltung. Sie werden meist nur bei Schnellzugswagen angeordnet.

Zur Herbeiführung eines dichten Abschlusses wird insbesondere bei Fenstern mit Holzrahmen der Rahmen der inneren Fensterführung häufig federnd gegen den Fensterrahmen ausgeführt (Preßrahmen).

Die dem gleichen Zwecke dienenden Doppelfenster — wobei die Außenfenster im Sommer auch durch Lattenfenster (Jalousie) ersetzt werden können — gelangen mit Rücksicht auf die derzeit vorherrschende Strömung, Einrichtungen, die das leichte Entkommen der Reisenden aus den Wagen im Gefahrsfalle behindern, nach Möglichkeit zu vermeiden, seltener zur Ausführung.

Aus dem gleichen Grunde werden die bei Wagen mit größerer äußerer Kastenbreite (über 2900 mm) früher angewendeten Schutzvorrichtungen gegen Gefährdung der Reisenden durch seitliches Hinausbeugen aus den Fenstern (feste oder bewegliche Fensterschutzstangen oder auch nur stärkeres Überragen der Fensterrahmen über die Fensterbrüstung bei vollständig herabgelassenem Fenster) vielfach nicht mehr ausgeführt; die Fenster werden vielmehr soweit herablaßbar hergestellt, daß die Rahmenoberkante bei tiefgelassenem Fenster bündig mit der Fensterbrüstung abschließt; in der Nähe der Fensteröffnungen werden bloß Warnungsanschriften, wie „Nicht hinausbeugen!“, deutlich sichtbar angebracht.

Als weitere Einrichtungen für das leichte Entkommen im Gefahrsfalle sind zu erwähnen:

Fensterzuggurte mit Schlaufen, die bei herabgelassenem Fenster als Anhalt beim Hinaussteigen dienen können; Anbringung kräftiger Stangen für die Schiebevorhänge oder besonderer kräftiger Handgriffe oberhalb der Fensteröffnungen; Einfassung des einen Saumes der Schiebevorhänge mit Leder (gleichfalls zum Anhalten beim Hinaussteigen dienlich); unterhalb der Fenster außen angebrachte Anhaltestangen; außen in einer Höhe von etwa 900 mm über Schienenoberkante angeordnete schmale Fußtritte; Ausbildung der Verkleidung der Dampfheizrohre zu einer Trittstufe.

Wagen mit derartigen Einrichtungen finden sich insbesondere in Preußen häufiger vor. Anschriften in den Wagen machen auf diese Einrichtungen aufmerksam.

Unterhalb der Fenster sind für die Reinhaltung der Fenstertaschen im Wageninnern Putzklappen angeordnet.

Nach aufwärts schiebbare Fenster sind bei amerikanischen und bei Wagen der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft häufig in Verwendung; die Fensteröffnung ist hierbei in der Höhe sehr beschränkt.

e) Innere Einrichtung.

Die Sitze werden bei sämtlichen Klassen in der Regel in der Querrichtung des Wagens angeordnet. In der IV. Klasse, welche vornehmlich für das Stehen eingerichtet ist (Anhalteriemen an der Decke), ist nur eine beschränkte Anzahl von Sitzen vorgesehen.

Die Sitzbänke III. Klasse werden aus Holz (glatte Sitze oder Lattensitze) in der Regel ohne Polsterung und Armlehnen ausgeführt.

Die Sitzbänke I. und II. Klasse sind mit Sitz- und Rückenpolsterung, mit Armlehnen (die mittleren aufklappbar und in der Rückenpolsterung versenkbar, die seitlichen als ausziehbare Keilpolster, lose Schlummerrollen, seltener als feste Armstützen ausgeführt) und mit Schläfenstützen (fest angebrachten Ohrbacken oder angeknüpften Schlummerrollen) ausgestattet. Die Sitze sind häufig ausziehbar (zur Herstellung von Schlaflagern in der Längsrichtung des Wagens) und insbesondere in der I. Klasse mit Auflagepolstern versehen.

In einer Sitzreihe sind in der Regel in der III. Klasse fünf, in der II. Klasse vier, in der I. Klasse drei Sitzplätze angeordnet (in italienischen Abteilwagen in der II. Klasse 5, in der I. Klasse 4 Sitzplätze). Bei den Durchgangswagen mit geschlossenem Seitengang neuester Bauart für Schnellzüge besitzt die II. Klasse nur drei und die I. Klasse nur zwei Sitzplätze in einer Reihe (vgl. Abb. 5 u. 8). Bei diesen Wagen sind die Rückenlehnen der Sitze I. Klasse meist für die Herstellung einer Liegestätte nach oben aufklappbar und in wagerechter Lage feststellbar eingerichtet. In für den Tagesverkehr bestimmten amerikanischen Wagen finden sich auch Drehstühle vor.

Wände, Fußboden und Dach werden in der III. und IV. Klasse bloß mit Anstrich versehen; Wände und Dach der I. und II. Klasse erhalten Tapetenüberzug, seltener Holzvertäfelung, der Fußboden Linoleumbelag, zumeist auf einer Unterlage von Filz oder Watte (als Schalldämpfungsmittel, auch bei der Wandtapezierung angewendet), in der I. Klasse zuweilen noch einen abnehmbaren Teppich. Im Winter werden als Bodenbelag Kokosfasermatten (in der I. und II. Klasse) und Rohrfasermatten (in der III. Klasse) verwendet.

Bei den Personenwagen für den Vorortverkehr und für Nebenbahnen fehlt in der Regel die I. Klasse. Die innere Ausstattung der Wagen ist entsprechend einfacher; Ohrbacken und häufig auch Armstützen fehlen gänzlich. Die Rückenpolsterung besteht oft nur aus einem in Schulterhöhe angebrachten Polsterstreifen. Zuweilen werden für beide Klassen gleiche Sitzbänke, in der besseren Klasse jedoch mit Auflagepolstern, angeordnet.

Die Gepäckträger werden zumeist quer zur Wagenlängsachse oberhalb der Sitze angebracht. Bei freistehenden Sitzen sind sie an vertikalen Stützen befestigt, die häufig bis zur Wagendecke reichen, wodurch

nebst der besseren Standfestigkeit der Gepäckträger auch eine bessere Versteifung des Wagendaches erzielt wird. Ausladung und Höhenlage der Gepäckträger werden derart bemessen, daß einerseits ein genügend großer Raum für die Unterbringung von Handgepäck gewonnen wird, andererseits ein bequemes Aufstehen von den Sitzen ohne Gefahr einer Verletzung des Kopfes möglich ist. Oberhalb der Gepäckträger befinden sich an tapezierten Querwänden hölzerne Wandschutzleisten.

In den Personenabteilen sind noch vorhanden: Aschenbecher, Klapptische (in der I. und II. Klasse, seltener III. Klasse der Durchgangswagen), Kleiderhaken, Rahmen für Kundmachungen, Spiegel (in der Regel nur in der I. Klasse), Spucknäpfe mit Wasserfüllung, Tafeln für die Klassenbezeichnung und die Wagennummer, für die Bezeichnungen „Raucher“, „Nichtraucher“, „Frauen“ usw., in den für den internationalen Verkehr bestimmten Wagen auch Reklamebilder von Städten und Landschaften.

In den geschlossenen Seitengängen finden sich häufig Klappsitze für die Reisenden, zusammenlegbare Tische, die im Bedarfsfalle in die Personenabteile gestellt werden können, ein Bremsersitz, Gepäckträger oberhalb der Abteiltüren, Anschriftenrahmen, Spucknäpfe, Tafeln für die Klassenbezeichnung usw. vor.

Die Fenstervorhänge werden entweder als Schiebevorhänge auf Holz-, Eisen- oder Metallstangen oder auch als Rollvorhänge (Springrouleaux), häufig mit Ausgleichvorrichtung zum selbsttätigen Verbleiben in beliebiger Höhenlage ausgeführt.

In den Abteilen sind ferner noch Notbrems-(Notsignal-)Handgriffe und vielfach auch Taster für die zum Wagenbegleiter oder auch durch den Zug (in den deutschen D-Zügen) zum Speisewagen führende elektrische Klingelleitung angeordnet.

Die früher insbesondere in Österreich in Anwendung gewesenen elektrischen Notsignale, welche eine äußerst sorgfältige Instandhaltung erfordern, werden infolge der fortschreitenden Einführung von durchgehenden, selbsttätigen Bremsen für die personenführenden Züge nunmehr durch die verläßlicher und rascher wirkende und leichter im Stande zu haltende Notbremseinrichtung ersetzt.

Bei Wagen, welche für Luftdruck- und Luftsaugebremse eingerichtet sind, sollen mit dem Notbremshandgriff zur Betätigung der einen auch die andere Bremse sowie auch allfällig vorhandene Notsignale in Wirksamkeit gesetzt werden können, da die Anordnung von getrennten Handgriffen für verschiedene Bremssysteme und Notsignale den Reisenden die Benutzung dieser Einrichtungen erschwert oder andernfalls erfordert, daß jene Handgriffe, welche für die in dem Zuge nicht angewendeten Notbremsen oder Notsignale vorhanden sind, jeweils abgedeckt werden müssen.

Es empfiehlt sich ferner, sowohl in den Personenabteilen als auch in den Seitengängen Notbremsgriffe anzubringen. Nach den „Technischen Vereinbarungen“ muß dicht bei jedem Griff in auffälliger Weise die Anschrift „Notbremse“ oder „Notsignal“, außerdem an leicht sichtbarer Stelle in jedem Abteil eine kurze Gebrauchsanweisung angebracht sein.

Abort und Waschgelegenheit sind in der Regel in einem Raume vereinigt. Die Abortabfallrohre besitzen zumeist Klappenverschluß. Die Aborte werden in neuerer Zeit fast durchweg für Wasserspülung einge-

richtet. Am besten haben sich die freistehenden Abortschalen mit hochliegenden Wasserbehältern, insbesondere bezüglich leichter Reinhaltung bewährt. Die Abortbrille wird, um Verunreinigungen derselben durch Urinieren zu vermeiden, durch Gegengewicht oder Federung für gewöhnlich in lotrechter Lage gehalten. Der Abortdeckel ist aufklappbar angeordnet und häufig durch Lenkstangen mit der Aborttüre derart in Verbindung gebracht, daß beim Schließen derselben der Deckel selbsttätig zuklappt. Häufig finden sich auch besondere Pißschalen (zuweilen in eigenen Räumen angeordnet) vor. Als Waschgelegenheiten werden entweder besondere Waschtische mit Kippbecken oder bei eingebauten Abortschalen oberhalb derselben herausklappbare Waschschüsseln angeordnet. Der Fußboden ist entweder mit Steinfließen (Terrazzo in Zinkblechschale) oder mit einem Lattenrost belegt. Letztere Anordnung ist vom Standpunkt der Hygiene weniger empfehlenswert. Im Fußboden befinden sich eine oder mehrere Abflußöffnungen.

Im Abortraum sind noch in der Regel Kleiderhaken, Anschriftenrahmen, ein Wandspiegel, häufig auch noch Gelasse für die Unterbringung von Wasserkannen, von Reserveglühlampen, eine Wasserflasche nebst Glas, Seife, Handtuch, Klosettpapierbehälter usw. vorhanden.

f) Beleuchtung, Beheizung und Lüftung der Personenwagen.

Über Beleuchtung der Personenwagen siehe Bd. I, Prasch, Die Zugbeleuchtung.

Über Beheizung der Personenwagen siehe Bd. I, Hammer, Heizung und Lüftung der Wagen.

g) Anschriften an den Wagen.

Es sollen hier der Übersichtlichkeit wegen auch gleich die Güterwagen mit einbezogen werden.

Jeder Wagen hat nach den Bestimmungen der „Technischen Einheit" (Mai 1907) folgende Anschriften auf beiden Außenseiten zu tragen:

1. die Eisenbahn, zu welcher er gehört;
2. die Ordnungsnummer;
3. die Tara oder das Eigengewicht einschließlich Räder und Achsen; bei Wagen jedoch, die auf Strecken von verschiedener Spurweite verkehren und beim Übergange die Radsätze wechseln, ist es zulässig, das Gewicht des gefederten Teiles am Wagenkasten, das Gewicht der Räder und Achsbüchsen aber an den Achsbüchsen anzuschreiben;
4. bei Güter- und Gepäckwagen die Tragfähigkeit und das Ladegewicht oder das Ladegewicht allein. Wenn nur eine Zahl angeschrieben ist, bedeutet diese Zahl das Ladegewicht; die Tragfähigkeit ist in diesem Fall um 5% größer;
5. den Radstand; bei Drehgestellwagen den Abstand der Drehzapfen und den Radstand der Drehgestelle;
6. wenn erforderlich, das Zeichen ◄⊖► (vgl. Seite 66);
7. das Datum der letzten Untersuchung (Revision);
8. bei Wagen, die für Zeitschmierung (periodische Schmierung) eingerichtet sind, die Schmierfrist und die Zeit der letzten Schmierung;

9. bei Privatwagen außerdem hinter der Ordnungsnummer das Zeichen [P].

Nach den „Technischen Vereinbarungen" muß außerdem noch das etwaige Vorhandensein von Vereinslenkachsen, ferner das auf ein Meter Wagenlänge einschließlich der Puffer entfallende Gesamtgewicht (Eigengewicht und Ladegewicht) in Tonnen, sofern es 3·1 t überschreitet, angeschrieben werden; die „Technischen Vereinbarungen" empfehlen ferner bei Wagen mit Gasbeleuchtung die Anschrift des Inhaltes der Gasbehälter in Litern, bei Güterwagen eine Anschrift über Anzahl und Ort der ständig beim Wagen zu belassenden losen Gegenstände, bei Wagen mit durchgehender Bremse oder Leitung eine Anschrift, woraus die Art der Bremseinrichtung zu ersehen ist, schließlich bei den Personenwagen Bezeichnungen für die Wagenklassen.

Meist werden bei sämtlichen Wagen auch noch die Reihen-(Serien-)Bezeichnung — gewöhnlich aus einem oder mehreren Buchstaben bestehend —, aus welcher die Gattung des Wagens zu ersehen ist, bei den Personenwagen die Sitzplatzanzahl und die Art der Heizeinrichtung, bei den Güterwagen die Bodenfläche (insbesondere bei den zur Viehbeförderung geeigneten Wagen) und der Laderaum, bei den gedeckten Güterwagen außerdem der Fassungsraum für Mannschaft und Pferde usw. angeschrieben.

An den Personenwagen werden außen Tafeln für die Routenbezeichnung des Wagens und Tafeln für Bezeichnung der Raucher-, Nichtraucher- und Frauenabteile aufgehängt.

Nach den „Technischen Vereinbarungen" ist jeder Güterwagen, sofern er nicht ausschließlich für den inneren Verkehr der eigenen Bahn dient, mit einer Beklebetafel oder abgegrenzten Beklebefläche für die Anbringung der Übergangszettel zu versehen.

Um dem Personal das Auffinden der einzelnen Bezeichnungen bei den Güterwagen, insbesondere bei Dunkelheit zu erleichtern, enthalten die „Technischen Vereinbarungen" auch Vorschriften für den Ort der Anbringung der einzelnen Anschriften.

Nach den „Technischen Vereinbarungen" ist als Ordnungsnummer jene Nummer anzuschreiben, unter welcher der Wagen in den Werkstätten und Büchern geführt wird; durchlaufende Numerierung für den gesamten Wagenpark einer Bahnverwaltung wird empfohlen.

Die Numerierung erfolgt häufig in der Weise, daß für bestimmte Wagengruppen bestimmte Nummerngruppen festgesetzt sind. Auch darüber, ob der Wagen mit oder ohne Spindelbremse versehen ist, gibt die Wagennummer häufig Aufschluß. Die Nummern der Kesselwagen der Bahnen des V. D. E. V. müssen, weil diese Wagen im Vereinsverkehr eine andere Behandlung erfahren als sonstige Güterwagen, den Nummerngruppen 500000 bis 501999 (Bahnkesselwagen) und 502000 bis 504999 (Privatkesselwagen) angehören.

2. Postwagen und Gepäckwagen.

Die Post-(Postambulance-)Wagen (vgl. Abb. 17) dienen zur Beförderung von Postsendungen und zur Abfertigung der Post während der Fahrt.

Digitized by Google

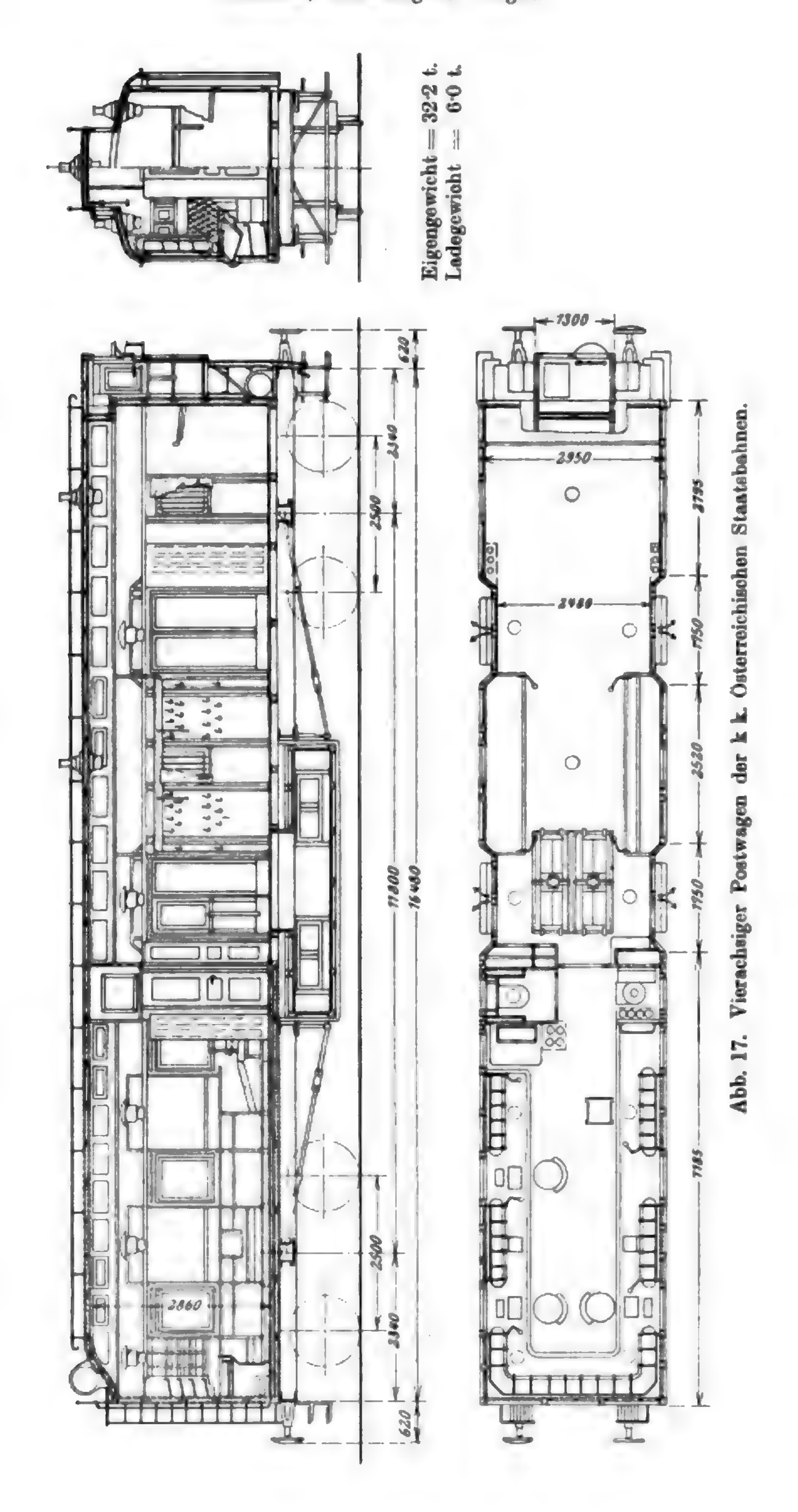


Abb. 17. Vierachsiger Postwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

Man unterscheidet Postwagen, die nur für die Beförderung von Briefen, Zeitungen u. dgl., ferner solche, die nur für die Beförderung von Postpaketen und schließlich solche, die für beide Beförderungsarten eingerichtet sind. Dann gibt es noch Gepäckwagen und Personenwagen mit Postabteil (vornehmlich auf Nebenbahnen).

Die Postwagen werden mit zwei, drei und vier Achsen, in Amerika meist mit sechs Achsen ausgeführt.

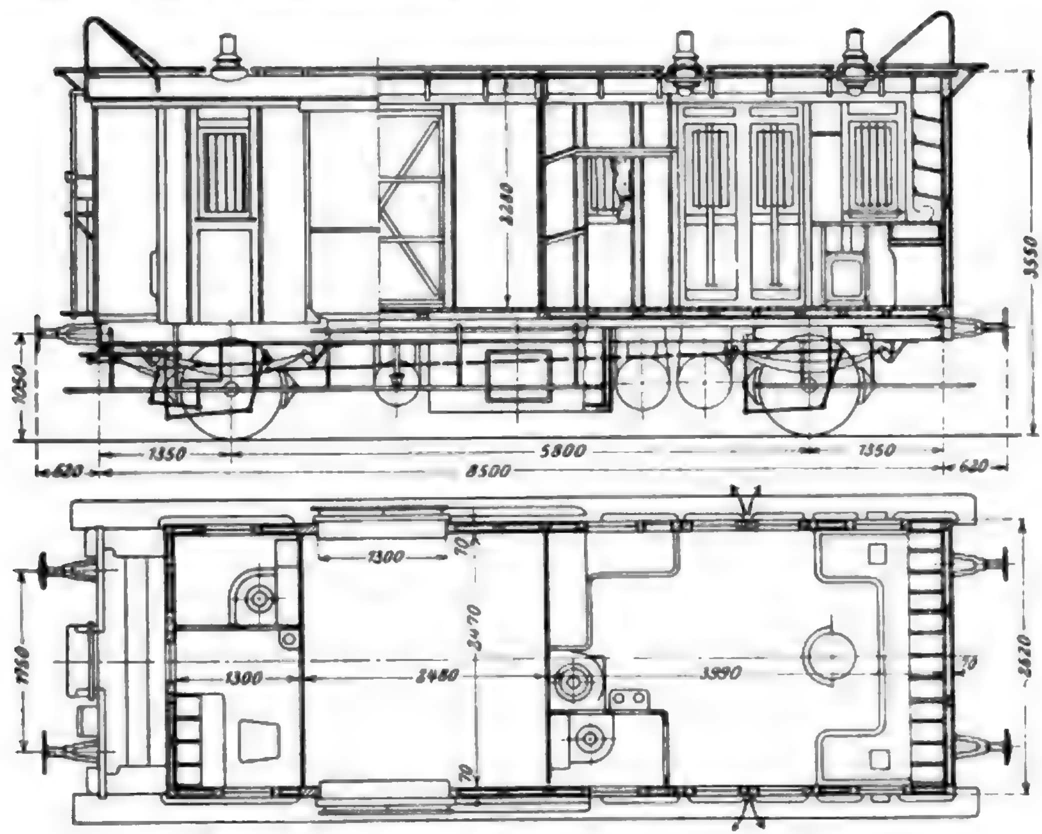


Abb. 18. Post- und Gepäckwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen. Eigengewicht = 11·8 t. Ladegewicht = 5·0 t.

Für den Durchgang eingerichtete Postwagen mit geschlossenem Seitengang und Übergangsbrücken sind wegen der hierdurch bedingten Beschränkung des Postraumes wenig in Benützung; letzterer Übelstand fällt bei den nach Art der Abteilwagen gebauten Postwagen zwar weg, doch müssen dieselben in Zügen, bei welchen der innere Durchgang aufrecht erhalten werden soll, entweder unmittelbar hinter dem Gepäckwagen oder den etwa vorn im Zuge befindlichen Güterwagen oder am Schlusse des Zuges eingestellt werden.

Untergestelle, Laufwerk, Abfederung und Bremse der Postwagen werden wie bei Personenwagen ausgeführt; unter dem Gepäckraum (Postpaketraum) werden häufig etwas stärkere Tragfedern als unter dem Postraum (Bureauraum) angeordnet.

Der Postraum ist von dem Gepäckraum meist durch eine Wand mit Türe getrennt. Ein Abort mit Waschgelegenheit ist immer vorhanden. Am Untergestell befindet sich häufig noch ein mit Flügeltüren versehener und auch vom Wageninnern durch Fußbodenklappen zugänglicher Gepäckkasten.

Digitized by Google

Der Einstieg in das Wageninnere erfolgt durch Seitentüren (gewöhnlich Doppelflügeltüren, nach außen aufschlagbar und bei großer Kastenbreite in den Kasten eingebaut). Die Seitenwandtüren, die Verbindungstüre der beiden Räume und die Türen des Unterkastens sind meist mit Bartschlüssel absperrbar.

Die Seitenfenster sind herablaßbar; im Postraum werden sie gut abgedichtet und, um ein Herausfliegen von Briefschaften aus den offenen Fenstern zu verhindern, häufig mit vorziehbaren Netzen versehen. Die Fenster im Gepäckraum sind in der Regel vergittert.

Der Postraum ist mit vollständiger Bureaueinrichtung versehen, und zwar: Tische mit Schubladen; oberhalb der Tische Fächergestelle mit nach rückwärts geneigtem Netz-, Gitter- oder Glasboden für das Einlegen von Briefen (einzelne dieser Fächer sind meist noch durch Rolladen absperrbar); unter den Tischen häufig noch Legebretter und ein absperrbares Wertgelaß; tragbare Sessel, meist gepolstert, außerdem ein fest angebrachter gepolsterter Ruhesitz; absperrbare Aktenregale, Spagatkörbe, Spagatmesser, Schreibzeug, Feuerzeug, Papierkörbe usw.

Außen an den Seitenwänden befinden sich Briefeinwurfkasten, die auch von innen zugänglich sind.

Im Gepäckraum sind Legebretter und Haken zum Aufhängen von Postbeuteln angeordnet, häufig auch noch eine Sitzbank, ein Requisitenkasten, Kleiderschrank usw.

Vorrichtungen zur Aufnahme und Abgabe von Postbeuteln während der Fahrt sind in Amerika und England in Anwendung.

Beleuchtung, Beheizung und Lüftung erfolgt ähnlich wie bei Personenwagen. Außer den Deckenlampen sind im Postraum meist noch Wandlampen (drehbar an den Fächergestellen befestigt) vorhanden. Elektrische Beleuchtung ist bei Postwagen besonders häufig anzutreffen.

Neben der sonstigen Beheizung (meist Dampfheizung) ist in der Regel noch ein Ofen angeordnet; in Österreich darf derselbe nur benutzt werden, wenn die Wagen vom Zuge abgestellt sind.

Die Gepäck-(Packmeister-, Schaffner-, Kondukteur-, Hüttel-, Dienst-)Wagen (vgl. Abb. 19 bis 21) dienen zur Unterbringung von Reisegepäck und Zugsgerätschaften, ferner als Aufenthalt für den Zugführer und Packmeister (Gepäckkondukteur).

Dementsprechend ist in der Regel ein Raum für den Zugführer und ein Raum für das Reisegepäck vorhanden, die durch eine Wand mit Zwischentüre voneinander getrennt sind.

Für die Unterbringung von Hunden dient ein besonderer Kasten, der am Untergestell oder an der Stirnseite des Gepäckraumes mit an der Außenseite des Wagens befindlichen, mit Luftlöchern versehenen Flügeltüren angebracht ist.

Ein Abort ist in der Regel vorhanden.

Endplattformen mit Übergangsbrücken sind häufig angeordnet; geschlossener Seitengang, geschlossene Plattformen und Faltenbälge finden sich meist bei den für den Schnellzugsverkehr bestimmten Gepäckwagen vor, insbesondere wenn sie als Kurswagen in die Mitte des Zuges eingestellt werden sollen.

Für Güterzüge werden vornehmlich zweiachsige Wagen (auch in Amerika) verwendet; für personenführende Züge werden die Gepäckwagen mit zwei, drei und vier Achsen ausgeführt. Die vierachsigen Gepäckwagen sind in

Digitized by Google

Europa erst in den letzten Jahren (für Schnellzüge) in Aufnahme gekommen. Im Vereinsgebiete waren nach den statistischen Mitteilungen des V.D.E.V. Ende 1905 rund 13500 zweiachsige, 3000 dreiachsige und 600 vierachsige Gepäckwagen vorhanden.

Bei den Gepäckwagen für den Nahverkehr oder für Nebenbahnen ist der Gepäckraum zuweilen so eingerichtet, daß er als Personenabteil verwendet werden kann (aufklappbare Bänke). Auf Nebenbahnen werden statt besonderer Gepäckwagen auch Personenwagen oder noch häufiger Postwagen mit Gepäckabteil (Zugführerabteil) verwendet (vgl. Abb. 18).

In Amerika, England und Frankreich ist bei Personenwagen für den Fernverkehr auch die Anordnung eines besonderen Abteiles für die Unterbringung von Reisegepäck anzutreffen (vgl. Abb. 13).

Gepäckwagen werden immer mit Spindelbremse versehen. Der Bremsersitz ist häufig im Innern des Wagens

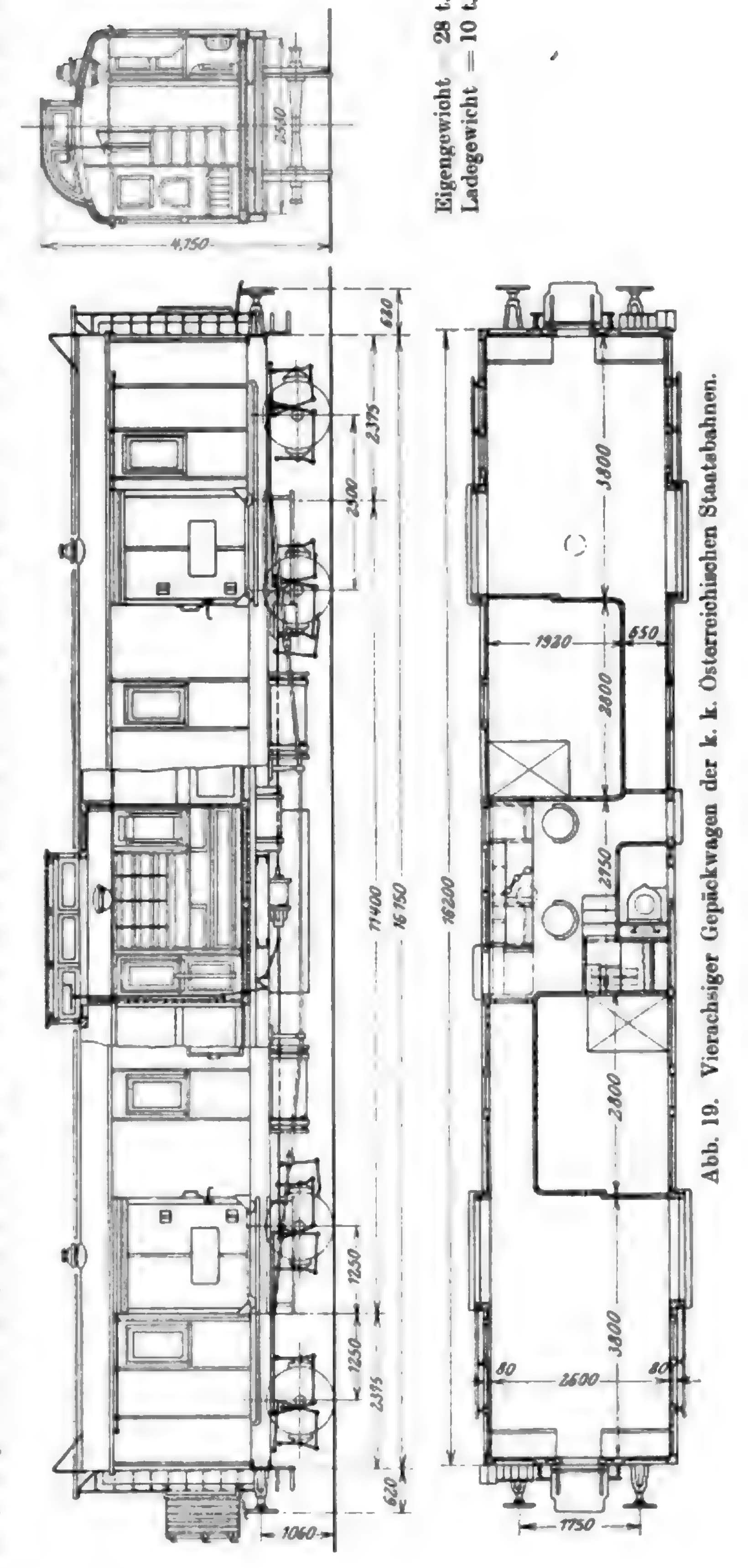


Abb. 19. Vierachsiger Gepäckwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

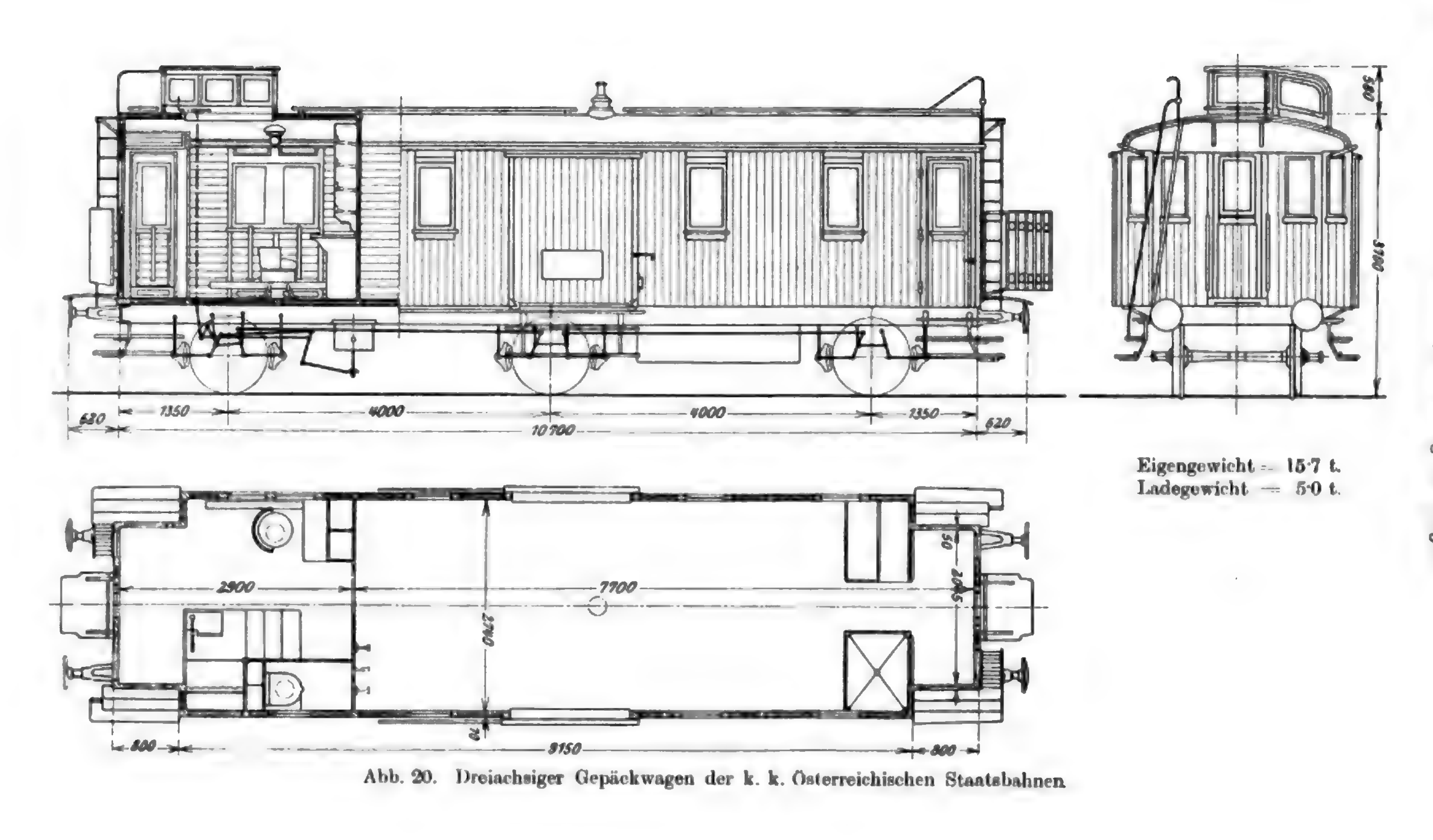
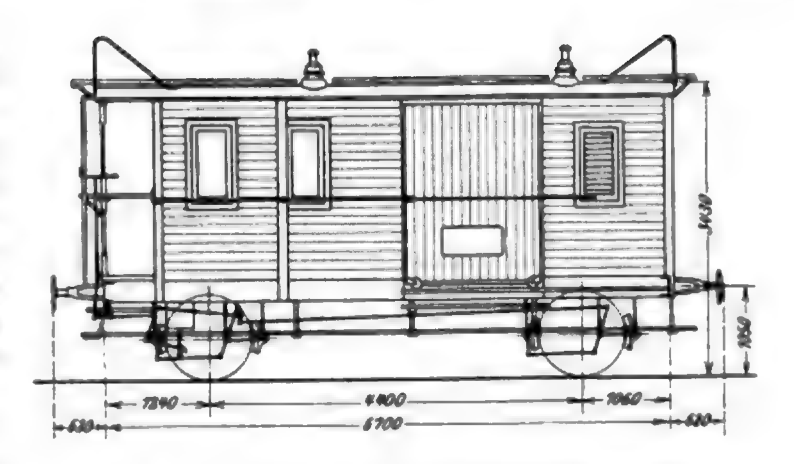


Abb. 20. Dreiachsiger Gepäckwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen



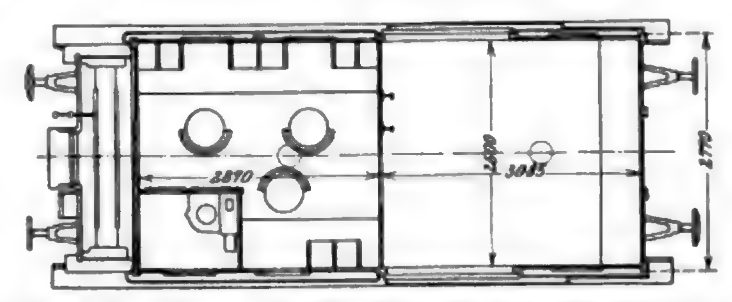


Abb. 21. Gepäckwagen für Güterzüge der k. k. Österreichischen Staatsbahnen. Eigengewicht = 9·4 t. Ladegewicht = 5·0 t.

an einem Wagenende oder auch in der Wagenmitte erhöht mit Ausblick über das Wagendach angeordnet; zuweilen sind auch an den Wagenlängswänden erkerartig angebrachte Fenster mit seitlichem Ausblick vorhanden.

An den Seitenwänden befinden sich Schiebetüren in ähnlicher Ausführung wie bei gedeckten Güterwagen, seltener Flügeltüren. Bei Wagen mit Plattformen ist das Wageninnere außerdem von den Plattformen durch Stirntüren zugänglich; auch die Aborttüre mündet in diesem Falle, insbesondere wenn der Abort auch Reisenden zugänglich sein soll, meist auf die Plattform.

Im Zugführerabteil befinden sich in der Regel ein Tisch mit gepolstertem, tragbarem Stuhl, ein Wandregal, an welchem eine drehbare Lampe befestigt ist, Spinde zur Unterbringung von Zugsgerätschaften usw.; eine Deckenlampe ist häufig, Heizeinrichtung immer vorhanden. Im Gepäckraum sind oft Legebretter (an der Stirnwand) angeordnet; bei Wagen für den durchgehenden Verkehr sind auch ein oder mehrere absperrbare Räume für zollpflichtiges Gepäck vorgesehen; die Beleuchtung erfolgt durch eine oder mehrere Deckenlampen; Heizeinrichtung ist meist nicht vorhanden.

Nebst den Gepäckwagen werden zuweilen auch noch Gepäckbeiwagen (ohne Zugführerabteil, nur für Unterbringung des Gepäckes eingerichtet) im Zuge eingestellt; in Belgien werden die Gepäckbeiwagen als Hilfsbremswagen auf starken Gefällstrecken benutzt und zu diesem Zwecke mit großem Eigengewicht (etwa 26 t) ausgeführt (Untergestelle aus Stahlformguß, Kasten mit schwerem eisernem Gerippe und starker äußerer Blechverschalung).

In Frankreich werden Gepäckwagen zu dem gleichen Zwecke mit etwa 5 t Ballast (alte Eisenschienen) ausgerüstet.

3. Güterwagen.

Man unterscheidet:

nach der Bauart des Wagenkastens gedeckte (bedeckte) Güterwagen und offene Güterwagen,

nach der Verwendung gewöhnliche Güterwagen, die für die verschiedensten Transportzwecke benützt werden können, und Spezialgüterwagen (Sondergüterwagen), die nur dem Transport besonderer Güter dienen und dementsprechend eingerichtet sind,

nach der Achsenzahl zwei-, drei- und mehrachsige Wagen,

nach der Anordnung des Laufwerkes Wagen mit festen Achsen, Wagen mit Lenkachsen und Drehgestellwagen,

dann noch Wagen mit Bremse und Wagen ohne Bremse.

a) Allgemeines.

Der gewöhnliche Güterwagen, der nicht auf bestimmten Strecken regelmäßig läuft, sondern abwechselnd nach den verschiedensten Verkehrsrichtungen Verwendung finden soll, muß durch seine Bauart, insbesondere was Umgrenzung der festen Teile, Radstand und Raddruck betrifft, die Freizügigkeit für ein umfassendes Verkehrsgebiet gewährleisten.

Die Verwaltungen des V. D. E. V. bauen ihre Güterwagen nach der in Abb. 16 dargestellten Umgrenzung mit dem oberen —·—·— Abschluß; Bahnen, die stärkeren Wagenübergang nach Italien haben, schränken die Breiten ihrer Güterwagen außerdem der italienischen Umgrenzung entsprechend ein.

Güterwagen mit Radständen bis einschließlich 4·5 m werden zumeist mit festen Achsen, solche mit größeren Radständen mit Lenkachsen erbaut; in Österreich sind auch zahlreiche Wagen unter 4·5 m Radstand mit Lenkachsen versehen.

Bei den Bahnen des V. D. E. V. besitzen nur ungefähr 5% der Güterwagen einen größeren Radstand als 5 m.

Feste Achsen haben sich bei Aufhalten der Wagen mit Hemmschuhen (Rangieren auf Abrollgleisen), was Schonung der Wagen, insbesondere der Achslager betrifft, vorteilhafter erwiesen als Lenkachsen, doch kann mit dem festen Radstand nicht über 4·5 m gegangen werden, wenn weitgehende Freizügigkeit des Wagens gewahrt werden soll. (Bezüglich Radstand, fester Achsen, Lenkachsen vergleiche auch das hierüber unter „Personenwagen" Angeführte).

Im Vereinsgebiet sind rund 15% der Güterwagen mit Lenkachsen versehen; unter den Lenkachswagen finden sich nur rund 2% überwiegend ältere Wagen mit gekuppelten Lenkachsen.

In Europa bildet der zweiachsige Güterwagen, in Amerika der vierachsige mit Drehgestellen die Regel. Nach den statistischen Mitteilungen des V. D. E. V. waren mit Ende 1906 im Vereinsgebiete rund 698500 zweiachsige, 5300 dreiachsige und 7000 Güterwagen mit mehr als drei Achsen (letztere vorwiegend vierachsige Spezialgüterwagen) vorhanden.

Die Drehgestelle der Güterwagen werden mit einfacher Federung ausgeführt, und zwar entweder mit auf den Achsbüchsen aufsitzenden Blattfedern (vgl. Abb. 28) oder nach amerikanischem Vorbild mit durch Schnecken- oder Schraubenfedern abgefedertem Drehzapfen und fest auf den Achsbüchsen sitzendem Drehgestellgerippe (vgl. Abb. 38, 39).

Der Raddruck darf nach den „Technischen Vereinbarungen" bei Ausnutzung der festgesetzten Tragfähigkeit im Stillstande der Fahrzeuge in der Regel 7000 kg nicht übersteigen, wenn ein Übergang des Fahrzeuges auf andere Bahnen in Aussicht genommen ist. (Für zahlreiche Bahnstrecken ist derzeit ein höherer Raddruck nicht zugelassen.)

Digitized by Google

Eine Erhöhung des Raddruckes von 7000 kg wird jedoch im V. D. E. V. angestrebt; nach den „Technischen Vereinbarungen" müssen beim Bau neuer Bahnen, sowie bei Einführung neuer Oberbausysteme (durchgreifende Oberbauverstärkung) Schienen für einen Raddruck von 8000 kg verlegt werden, auch neu zu bauende oder umzubauende Brücken müssen diesem Raddruck entsprechen.

In neuerer Zeit sind mit Erfolg Bestrebungen im Gange, wonach auf Bahnstrecken mit einem größten Raddruck von 7000 kg Güterwagen mit Raddrücken bis zu 7500 kg zugelassen werden sollen, wenn diese Wagen in Zügen mit nicht mehr als 50 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde eingestellt werden; diese Bestrebungen gründen sich auf die Erwägung, daß der für eine Strecke festgesetzte größte Raddruck unter Berücksichtigung der auf ihr angewendeten höchsten Fahrgeschwindigkeit berechnet ist und demnach bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten auch eine Erhöhung des für die größere Fahrgeschwindigkeit festgesetzten Raddruckes platzgreifen kann. Dieses Zugeständnis, welches vorzugsweise der Freizügigkeit der im steigenden Maße Verwendung findenden zweiachsigen Kohlenwagen für 20 t Ladegewicht, die durchweg Raddrücke von über 7000 kg aufweisen, zugute kommen würde, ist beispielsweise in Österreich bereits in Übung.

Bei Wagen mit Bremsplattformen oder mit Bremshütten, bei welchen die Mitte der Ladefläche mit der Wagenuntergestellmitte nicht zusammenfällt, weisen die beiden Endachsen oder Drehgestelle nur bei einem bestimmten Gewicht der Ladung gleiche Belastung auf. Nach den „Technischen Vereinbarungen" soll bei solchen Wagen die Radstandsmitte so weit gegen die Ladungsmitte verschoben sein, daß mindestens bei halbbeladenen Wagen die Endachsen oder die Drehgestelle gleiche Belastung erfahren.

Länge, bezw. Überhänge der Wagen sollen nur so groß gewählt werden, daß beim Durchfahren der schärfsten Bahnkrümmungen (bei Hauptbahnen 180 m Halbmesser) noch eine ausreichende Überdeckung der Pufferscheiben auch bei ungünstigster Stellung der Wagen im Gleise stattfindet. Die „Technischen Vereinbarungen" empfehlen für die einzelnen Radstände (Drehzapfenentfernungen) bestimmte Abmessungen der Wagenlängen und Überhänge. Man ist bestrebt, die Güterwagen nach Möglichkeit kurz zu bauen, um in den Stationsgleisen eine größere Anzahl von Wagen aufstellen zu können; mit Rücksicht auf die Tragfähigkeit der Eisenbahnbrücken soll jedoch die Länge der Güterwagen nicht so gering bemessen werden, daß das auf 1 m Wagenlänge einschließlich der Puffer entfallende Gesamtgewicht (Eigengewicht mehr Ladegewicht) einen zu großen Wert (nach den „Technischen Vereinbarungen" nicht über 3100 kg) ergibt.

Für Wagen mit hohem Gewicht für das Meter Wagenlänge — es sind dies vornehmlich nur Spezialwagen — bestehen bei den einzelnen Bahnen besondere Vorschriften für die Einstellung in die Züge, wonach solche Wagen von der Lokomotive oder anderen schweren Wagen durch eine gewisse Anzahl von Wagen mit geringerem Gewicht für das Meter Wagenlänge getrennt sein müssen.

Die gewöhnlichen zweiachsigen Güterwagen werden auf dem europäischen Kontinent meist für ein Ladegewicht von 15 t (Tragfähigkeit 15·75 t) ausgeführt. Die älteren Wagen weisen Ladegewichte von 10 und

12·5 t (auch 12 t) auf. Nach den statistischen Mitteilungen des V. D. E. V. hat Ende 1906 im Vereinsgebiete das durchschnittliche Ladegewicht für eine Güterwagenachse 6·21 t betragen. Während für die Ausnutzung der gedeckten zweiachsigen Güterwagen ein Ladegewicht von 15 t sich bis nun als ausreichend erwies, machte sich für die offenen Güterwagen, welche Massentransporten, insbesondere von Kohle, Erz, Rüben, Sand usw. zu dienen haben, das Bedürfnis nach einer weiteren Erhöhung des Ladegewichtes geltend. So sind insbesondere in Deutschland, Österreich, Frankreich und England eine verhältnismäßig große Anzahl von zweiachsigen offenen Güterwagen für 20 t Ladegewicht mit Erfolg in Verwendung.

Diese Erhöhung des Ladegewichtes bedingt nur eine verhältnismäßig geringe Erhöhung des Eigengewichtes und der Länge des Wagens. Als Beispiel seien die Kohlenwagen mit Bremse der k. k. österr. Staatsbahnen angeführt; das Eigengewicht des 15 t-Kohlenwagens beträgt 7500 kg, jenes des 20 t-Kohlenwagens 8400 kg, das tote Gewicht für 1 t Ladegewicht sohin bei ersterem 500 kg, bei letzterem 420 kg; die Länge des 15 t-Kohlenwagens beträgt 8·24 m, jene des 20 t-Kohlenwagens 9·8 m, sohin entfallen auf 1 m Wagenlänge bei ersterem 1820 kg Ladung, bei letzterem 2040 kg Ladung.

Die Erhöhung des Ladegewichtes ergibt vornehmlich folgende Vorteile: Herabminderung der Zugförderungskosten, geringere Länge der Züge, bessere Ausnutzung der Stationsgleise, geringerer Wagenbedarf und geringere Anschaffungs- und Instandhaltungskosten, bezogen auf die Ladeeinheit.

Die dreiachsigen Güterwagen werden im allgemeinen für Ladegewichte bis zu 30 t, die vierachsigen Güterwagen bis zu 50 t ausgeführt; beide Wagengattungen stehen jedoch in Europa selbst für Massentransporte weniger in Anwendung als die zweiachsigen 20 t-Güterwagen, da letztere sich auch beim Aussetzen der Massentransporte für den allgemeinen Güterverkehr wirtschaftlich vorteilhafter verwenden lassen; überdies sind die vorhandenen Verladevorrichtungen, Schiebebühnen, Drehscheiben, Brückenwagen usw. meist nur für den Betrieb mit zweiachsigen Güterwagen angelegt.

Bezüglich der Bremseinrichtungen der Güterwagen sei folgendes bemerkt.

Die Wagen mit Bremse werden in Europa in der Regel nur mit Spindelbremse ausgerüstet; Einrichtung mit der durchgehenden Bremse oder Leitung für dieselbe erhalten blos jene Güterwagen, welche auch zur Einstellung in personenführende Züge bestimmt sind. Im Vereinsgebiet ist rund der dritte Teil der Güterwagen mit Spindelbremse versehen.

In Amerika besitzen die Güterwagen durchgehende Bremse. In England und bei einzelnen russischen Eisenbahnen, die Güterzüge mit durchgehender Bremse führen, ist eine verhältnismäßig große Anzahl von Güterwagen mit durchgehender Bremse eingerichtet. In Preußen, wo in letzter Zeit mit der Ausrüstung von Güterzügen (Eilgüterzügen) mit der Luftdruckbremse begonnen wurde, findet sich gleichfalls eine größere Anzahl von gedeckten Güterwagen mit Luftdruckbremse vor. In den übrigen Ländern werden nur allenfalls Spezialgüterzüge, beispielsweise für Lebensmitteltransporte, Erztransporte usw. mit der durchgehenden Bremse abgebremst. Die Führung der Güterzüge mit der Spindelbremse bildet auf dem Kontinent sohin noch die Regel.

Eine Hauptschwierigkeit für die Einführung einer durchgehenden selbsttätigen Bremse für Güterzüge im internationalen Verkehr liegt in der Verschiedenartigkeit der in den einzelnen Ländern für die Abbremsung der Personenzüge angewendeten Bremssysteme (Luftdruck- oder Luftsaugebremse). Einer Lösung dieser Frage, wie sie bei den Personenwagen für den internationalen Verkehr, die immer nur einen kleinen Bruchteil des gesamten Personenwagenparkes einer Bahnverwaltung bilden, gefunden wurde, wonach solche Wagen die Einrichtungen für beide Bremssysteme aufweisen, sucht man bei den Güterwagen aus dem Wege zu gehen, da die für den einzelnen Güterwagen notwendigerweise zu wahrende Freizügigkeit im internationalen Verkehr die Ausrüstung fast des gesamten Güterwagenparkes für beide Bremssysteme bedingen würde, was, abgesehen von den hohen Anschaffungskosten, schon wegen des größeren toten Gewichtes des einzelnen Wagens und der schwierigeren und kostspieligeren Instandhaltung zweier Bremssysteme nicht im wirtschaftlichen Interesse gelegen wäre.

Das Studium der Frage der Einführung einer durchgehenden, selbsttätigen und vor allem auch einheitlichen Bremse für Güterzüge ist neuerdings durch die III. Internationale Konferenz für technische Einheit im Eisenbahnwesen angeregt worden.

b) Bauteile der Güterwagen.

Was die Bauart der Einzelteile der Güterwagen betrifft, so wird möglichst geringes Gewicht bei möglichst großer Widerstandsfähigkeit angestrebt. Komplizierte, eine sorgfältige Instandhaltung erfordernde Bauteile werden in der Regel vermieden. Alle bei Beladung oder Entladung der Wagen einer häufigeren Beanspruchung unterliegenden Teile, wie Türen und deren Verschlüsse, Türbeschläge, Rungen, aushebbare Wände, Kloben für Rungen und Verschlüsse usw. werden möglichst handbar und entsprechend kräftig ausgeführt.

Die einer häufigeren Auswechslung unterliegenden Teile, insbesondere des Untergestelles, werden bei den einzelnen Bahnverwaltungen und auch bei Gruppen von Bahnverwaltungen (beispielsweise in Preußen und Österreich) nach Möglichkeit einheitlich ausgestaltet.

Das Untergestellgerippe wird in Europa zumeist aus Eisen (vornehmlich Formeisen, seltener Preßbleche, vgl. Langträger in Abb. 31), in Amerika bei den gedeckten Güterwagen in der Regel aus Holz, bei den offenen Güterwagen aus Eisen (vielfach aus Preßblechen) hergestellt.

Bezüglich der Achsen gilt das unter „Personenwagen" Gesagte.

Die Räder werden im allgemeinen wie bei den Personenwagen ausgeführt. In Österreich, Ungarn und Italien stehen Hartgußräder (Schalengußräder), System Griffin, unter offenen Güterwagen ohne Bremse häufiger in Verwendung. Nach dem Vereins-Wagen-Übereinkommen sind Schalengußräder unter nicht mit Bremse versehenen Güterwagen zulässig, brauchen aber in Zügen mit einer größeren Fahrgeschwindigkeit als 50 km in der Stunde nicht übernommen zu werden. In Ungarn werden Griffin-Räder unter Güterwagen ohne Bremse auch in Zügen mit Fahrgeschwindigkeiten bis zu 60 km in der Stunde verwendet.

Über Radreifenbefestigungen und Achslager siehe unter „Personenwagen."

Die Tragfedern werden bei den Güterwagen wie bei den Personen-

wagen als Blattfedern, jedoch kürzer (etwa 1 bis 1·2 m) mit geringerer Einsenkung für die Tonne Belastung ausgeführt, da das Gewicht des vollbeladenen Güterwagens im Verhältnis zum Eigengewicht des Wagens bedeutend größer ausfällt als bei den Personenwagen. Die „Technischen Vereinbarungen“ empfehlen für Güterwagen eine Länge der Tragfedern nicht unter 1 m.

Schneckenfedern finden sich bei Wagen ohne Drehgestelle nur vereinzelt (bei alten Wagen) vor.

Als Federgehänge werden in der Regel Laschen, bei Wagen mit großen Radständen und Lenkachsen oder bei Mittelachsen auch Ringe auf Rollen oder kettengliedrige Gehänge verwendet. Die Federstützen sind fast durchweg ohne Nachstellvorrichtung ausgeführt.

Blattfedern, die ohne Glieder oder Gehänge unmittelbar die Hauptträger des Wagens unterstützen, finden sich nur bei alten Wagen vor.

Über Zug- und Stoßvorrichtungen siehe unter „Personenwagen.“

Aufstiege sind bei den Bremsplattformen (Bremsersitzen) und bei den Seitentüren der gedeckten Güterwagen vorhanden, häufig auch bei offenen Güterwagen mit Bordwänden und ohne Bremse, um in das Innere der Wagen leichter blicken zu können.

Signallaternenstützen werden bei den gedeckten Güterwagen mit Bremse und auch bei anderen Güterwagen, die sich für deren Anbringung eignen (beispielsweise in Österreich und Ungarn bei allen offenen Güterwagen mit Bremse), angeordnet.

Die Bremsersitze werden entweder in vollständig geschlossene oder in zumindest von drei Seiten geschlossene und überdachte Bremserhütten eingebaut, oder es werden überdachte Bremsplattformen angeordnet; offene Bremsersitze werden bei neuen Wagen in der Regel nicht mehr ausgeführt. Bei den gedeckten Güterwagen sind die Bremserhütten an den Wagenkasten zumeist erhöht mit Ausblick über das Wagendach angebaut. Bei den offenen Güterwagen wird die Bremserhütte, um sie besser vor Beschädigungen durch die Ladung zu bewahren, zuweilen nicht an die Wagenstirnwand angeschlossen, sondern getrennt von ihr am Untergestelle befestigt.

Die Bremserhütten werden ganz aus Holz oder ganz aus Eisen oder auch mit eisernem Gerippe und hölzerner Verschalung ausgeführt.

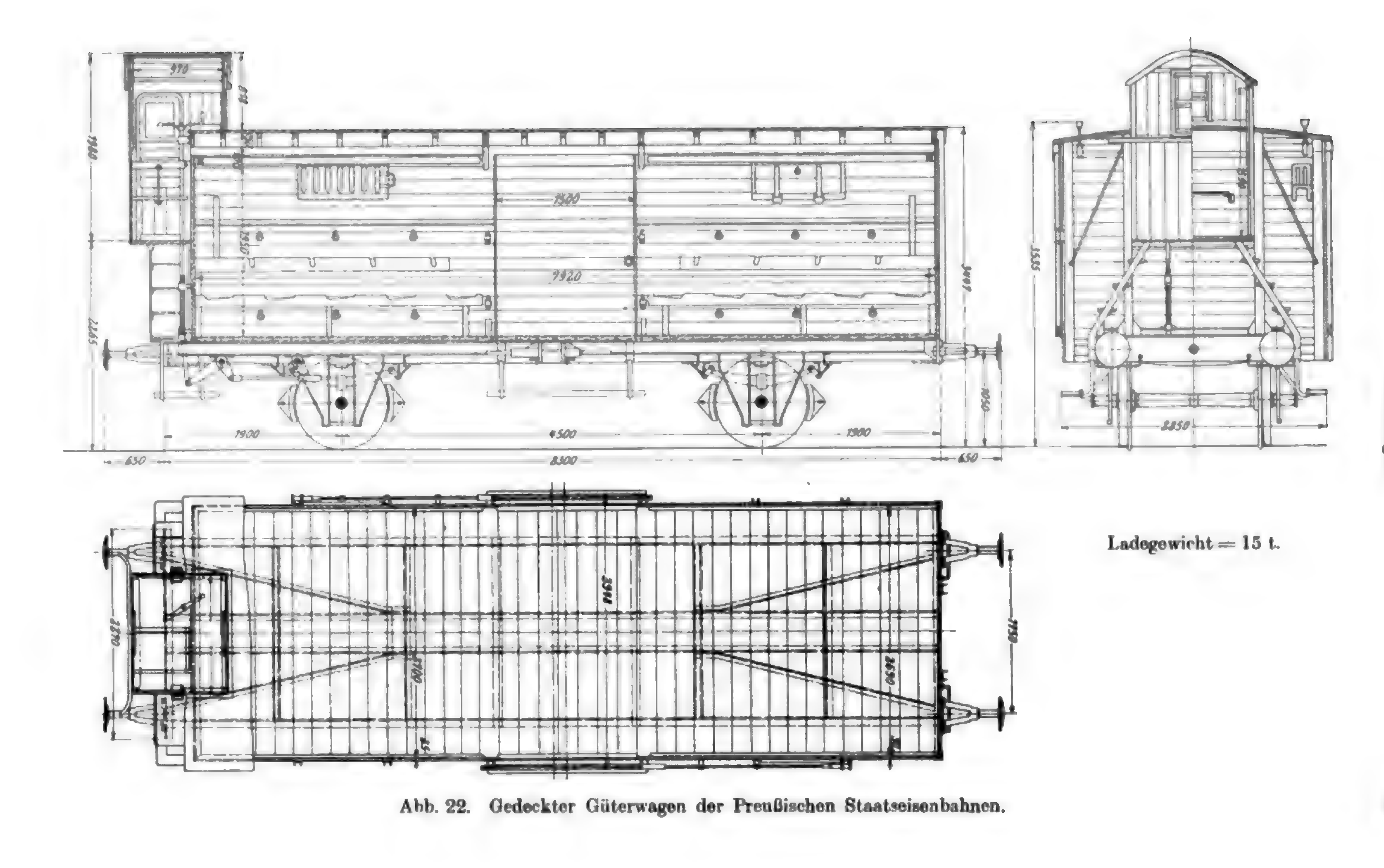
Nach den „Technischen Vereinbarungen“ dürfen die Fußbretter der Bremsersitze nicht höher als 2850 mm über Schienenoberkante liegen und müssen Bremsersitze, welche nicht vollständig geschlossen sind, mit Schutzgeländern versehen sein.

Das Kastengerippe der gewöhnlichen Güterwagen wird aus Holz oder Eisen, die meist nur einfache Verschalung aus Holz, bei offenen Güterwagen (insbesondere Kohlenwagen) auch aus Eisen (Buckelblechen, vgl. Abb. 29, 31) ausgeführt. Gedeckte Güterwagen für den Transport feuergefährlicher Gegenstände werden auch ganz aus Eisen hergestellt.

Über die den einzelnen Güterwagenarten besonders eigentümlichen Bauarten der Kastenbauteile siehe folgend unter c), d) und e).

c) Gewöhnliche gedeckte Güterwagen.

Bei den gewöhnlichen gedeckten Güterwagen mit einem Laderaum von 35 bis 45 cbm wird das Dach in der Regel gewölbt (in Amerika sattelförmig), bei gedeckten Güterwagen mit wesentlich größerem Laderaum (für



Ladegewicht = 15 t.

Abb. 22. Gedeckter Güterwagen der Preußischen Staatseisenbahnen.

den Transport voluminöser leichter Gegenstände) häufig nach dem oberen Abschluß der Umgrenzungslinie für die festen Teile der Wagen (vgl. Abb. 23) trapezförmig geformt.

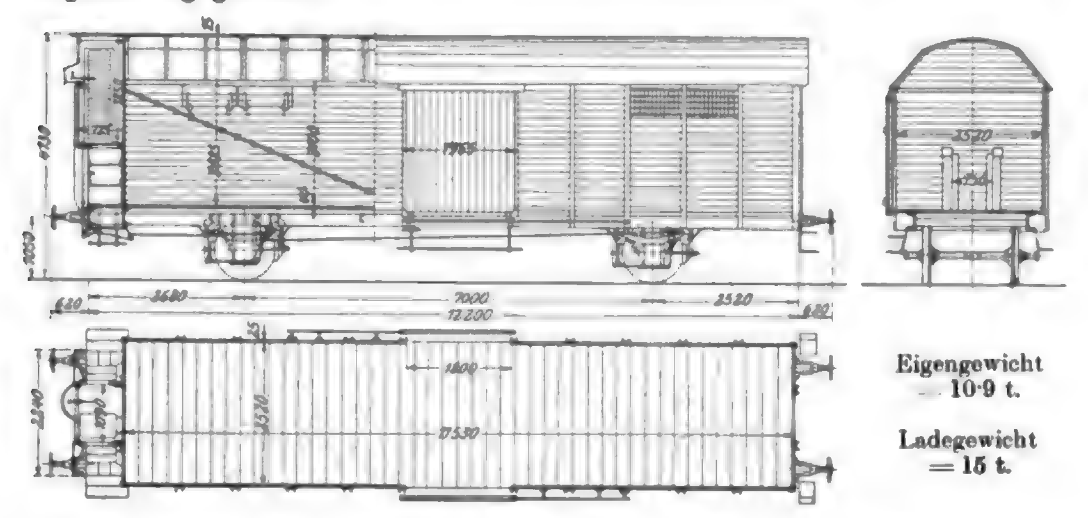


Abb. 23. Gedeckter Güterwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen für voluminöse, leichte Güter.

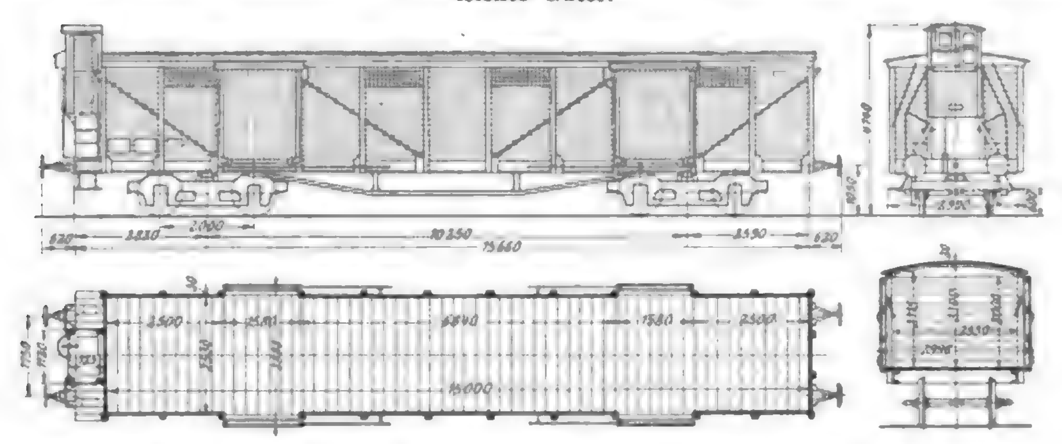


Abb. 24. Vierachsiger gedeckter Güterwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen. Eigengewicht = 19·2 t. Ladegewicht = 20 t.

Die „Technischen Vereinbarungen" empfehlen eine lichte Kastenhöhe von mindestens 2000 mm und eine lichte Kastenbreite von mindestens 2400 mm. In der Regel werden jedoch größere Kastenbreiten angewendet.

An den beiden Seitenwänden ist je eine Schiebetüre, bei längeren Wagen sind auch je zwei Schiebetüren (vgl. Abb. 24) angeordnet. Die lichte Höhe der Türöffnungen soll nach den „Technischen Vereinbarungen" nicht unter 1900 mm betragen; die lichte Breite dieser Öffnungen wird mit 1500 mm und darüber bemessen. Stirntüren (gewöhnlich Flügeltüren) finden sich seltener vor und sind auch in diesem Falle immer Seitentüren vorhanden. Die Verschlußvorrichtung der Seitentüren besteht in der Regel aus einem Einfallhaken, der mit zwei oder drei Hakenspitzen versehen ist, so daß sowohl das vollständige Abschließen der Türöffnung wie auch das Offenlassen eines Türspaltes (bei Transport von Pferden und anderem Vieh) ermöglicht ist; außerdem sind noch Ösen für den Plombenverschluß vorhanden; Türschlösser werden seltener angewendet.

An den Seitenwänden unterhalb des Daches werden **Luftöffnungen** mit Klappen- oder Schieberverschluß angeordnet (zur Lüftung des Wagens bei Militärmannschafts- und Pferdetransporten, Viehtransporten, Transport von Obst, Gemüse u. dgl.).

In Gegenden mit starken Obst- und Gemüsetransporten sind auch gedeckte Güterwagen in Verwendung, die an den Lang- und Stirnwänden unten und oben schmale Luftschlitze und im Innern an den Wänden befestigte Holzbacken zum Auflegen von Brettern besitzen; zuweilen sind noch Luftsauger im Dache vorgesehen.

Für **Militärmannschafts- und Pferdetransport** werden die Wagen im Innern mit umlegbaren Türvorlegern als Schutzmittel gegen Hinausstürzen der Mannschaft aus den Wagen, mit Schloßblechen zum Einhängen von Pferdebrustriegeln, mit Ringen an den Stirnwänden zum Einhängen der Streichbäume und mit Laternenhaken ausgerüstet; eiserne Dachrippen, an welchen sich Pferde verletzen könnten, besitzen Holzverkleidung.

An den Seitenwänden innen sind zumeist Viehanbinderinge vorhanden.

Für **Transport von Getreide in loser Schüttung** (alla rinfusa) weisen die gedeckten Güterwagen besondere Einrichtungen auf. Diese bestehen häufig in an den Türsäulen innen angebrachten Einhängvorrichtungen, in welchen im Bedarfsfalle Vorsatzbretter, die in den Ladestellen lagern, befestigt werden. Bei in dem Wagen ständig verbleibenden Vorsatzbrettern sind diese entweder seitlich der Türöffnungen oder auch im Fußboden versenkt angeordnet; im Bedarfsfalle werden sie vor die Türöffnung geschoben bzw. geklappt. Für dichten Abschluß dieser Vorsatzbretter ist vorzusorgen. Zuweilen sind die Wagen auch noch mit Bodenklappen und darunter befindlichen Trichtern für Bodenentleerung eingerichtet.

Die gedeckten Güterwagen werden in der Regel den internationalen Vorschriften über die **zollsichere Einrichtung der Eisenbahnwagen** entsprechend ausgeführt. Diese enthalten unter anderem folgende Bestimmungen:

„Die Wagen und Wagenabteilungen, welche zum Transporte von Zollgütern verwendet werden sollen, müssen leicht und sicher in der Art verschlossen werden können, daß die Hinwegnahme oder der Austausch der unter Verschluß des Ladungsraumes gelegten Waren ohne Anwendung von Gewalt und ohne Hinterlassung sichtbarer Spuren nicht bewerkstelligt werden kann.

Die Seitenwände, der Fußboden, das Dach und alle den Laderaum bildenden Teile des Wagens müssen derart befestigt sein, daß ein Lösen und Wiederbefestigen derselben von außen nicht geschehen kann, ohne sichtbare Spuren zurückzulassen.

Der Zwischenraum zwischen den Schiebetüren in geschlossenem Zustande und den Kastenteilen der bedeckten Wagen darf in keinem Fal das Maximum von 20 mm überschreiten.

Die Schiebetüren, Flügeltüren, Stirnwandtüren und überhaupt alle in Benutzung stehenden Türen der gedeckten Wagen, sowie die Füll- und Entleerungsöffnungen der Kessel- und Reservoirwagen müssen mit Ösen von mindestens 15 mm lichter Weite oder andern Verschlußstücken versehen sein, welche ein Einhängen von Zollschlössern und von Zollbleien

gestatten, derart, daß ein Öffnen dieser Türen oder Füll- und Entleerungsöffnungen ohne Verletzung des Zollverschlusses nicht möglich ist.

Die untere Türseite soll mit einer besondern Versicherung versehen sein, welche ein Abheben oder Abziehen der Schiebetür von der Laufschiene unmöglich macht.

Wenn die in den gedeckten Wagen vorhandenen Öffnungen, als Fenster- und Lüftungsöffnungen, durch Eisenstäbe, Gitter oder gelochte Bleche vergittert sind, so dürfen die verbleibenden Öffnungen 30 qcm nicht überschreiten, so daß durch diese Öffnungen eine Beraubung des Wageninhaltes nicht erfolgen kann. Kein Befestigungsteil der Vergitterung darf von der Außenseite des Wagens abzulösen sein.

Wenn die genannten Öffnungen nicht durch eine Vergitterung, sondern durch Schieber oder Klappen versichert sind, so müssen diese wie folgt befestigt sein:

die Klappen oder die horizontalen Schieber mittels Vorreiber, Riegel, Einfallhaken, Kloben od. dgl.,

die vertikalen Schieber entweder mittels der soeben aufgezählten Einrichtungen oder bei Vorhandensein von Zollösen mittels Zollschlösser oder Zollbleie,

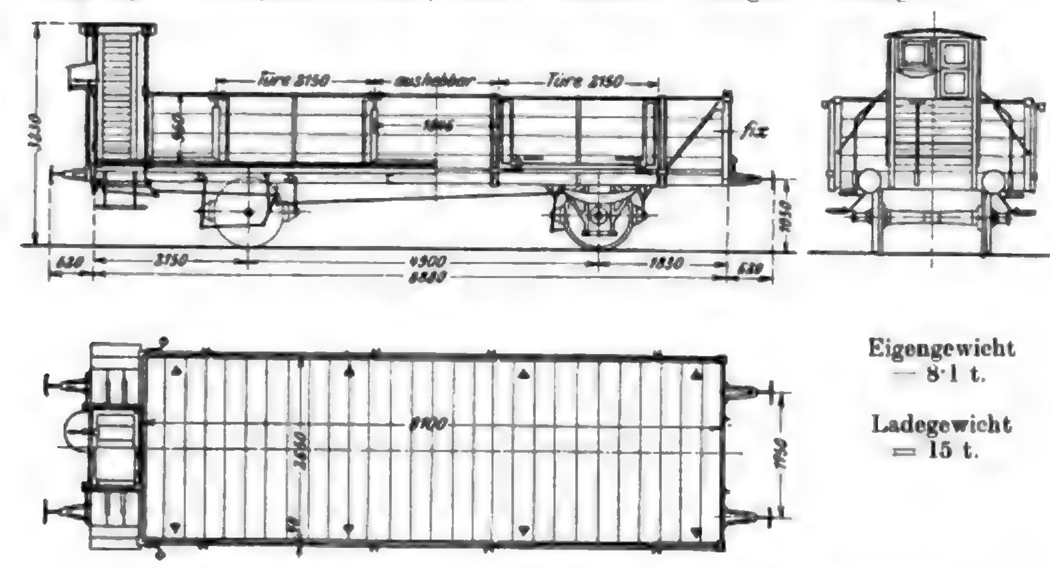
und zwar derart, daß ein Öffnen derselben von außen ohne Anwendung von Gewalt und ohne Hinterlassung auffallender Spuren, oder ohne Zerstörung des Zollverschlusses, nicht möglich ist.

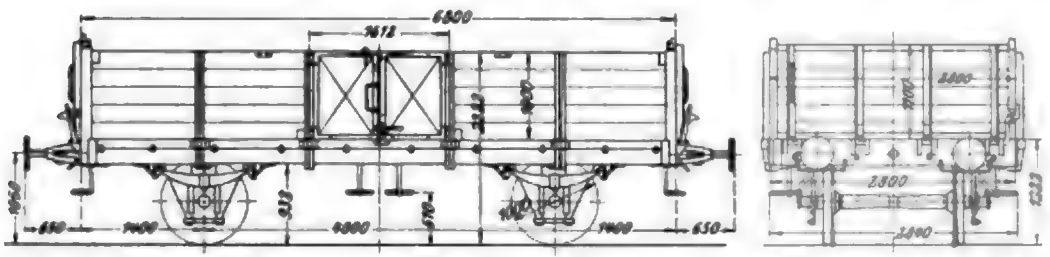
Abflußöffnungen in den Fußböden bedürfen einer Vergitterung, wenn sie mehr als 35 mm Durchmesser haben."

d) Gewöhnliche offene Güterwagen.

Bei den offenen Güterwagen mit Bordwänden werden diese entweder fest oder abnehmbar, umlegbar, Stirnwände auch aufklappbar ausgeführt; die Stirnwand auf Seite des Bremserstandes ist in der Regel fest. Zuweilen werden die Endteile der Seitenwände fest, deren zwischenliegende Teile und die Stirnwände auf der Nichtbremsseite abnehmbar angeordnet (in Österreich bei Hochbordwagen ausgeführt, vgl. Abb. 25). Solche Wagen besitzen gegenüber jenen mit vollständig abnehmbaren Bordwänden eine größere Steifigkeit des Wagenkastens. Umlegbar sind in der Regel nur die niederen Bordwände der Lowries für Stein-, Schottertransporte u. dgl. Die Kohlenwagen besitzen in der Regel feste Seitenwände; die Stirnwände sind entweder gleichfalls fest oder bei Wagen für Stirnentladung auf Kippbühnen aufklappbar (vgl. Abb. 29). (Über offene Güterwagen mit selbsttätiger Seiten- oder Bodenentladung siehe unter „Spezialwagen".) Die Seitenwände der offenen Güterwagen weisen je eine oder auch zwei Seitentüren (Doppelflügeltüren, Schiebetüren, Falltüren) — bei abnehmbaren Seitenwänden gleichfalls abnehmbar — auf. Für rasche Entleerung hat sich die in Abb. 30 ersichtliche Anordnung von je zwei verschiebbaren Klapptüren an jeder Seitenwand gut bewährt. Die Stirnwände sind häufig oben bogenförmig oder sattelartig ausgebildet, um Anhäufung der Ladung (Kohle, Rüben u. dgl.) gegen die Wagenlängsmitte zu erleichtern; sie besitzen oft Kloben zum Einlegen einer Firststange bei Überdeckung der Ladung durch Plachen. An den Bordwänden und Plattformrahmen sind Ringe für die Befestigung der Plachenleinen, am Fußboden Ringe für die Befestigung von Fuhrwerken vorhanden. Offene Güterwagen sind häufig mit Ein-

steckrungen (Seiten- und Stirnrungen) aus Holz oder Eisen zur Sicherung der Ladung gegen Verschiebungen ausgerüstet. Die Seitenrungen besitzen oben Spannketten. Am Untergestell ist ein offener Kasten für die Unterbringung von abgenommenen, nicht benutzten Rungen befestigt.





Eigengewicht = 8·1 t.

Ladegewicht = 15 t.

Abb. 25. Offener Güterwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

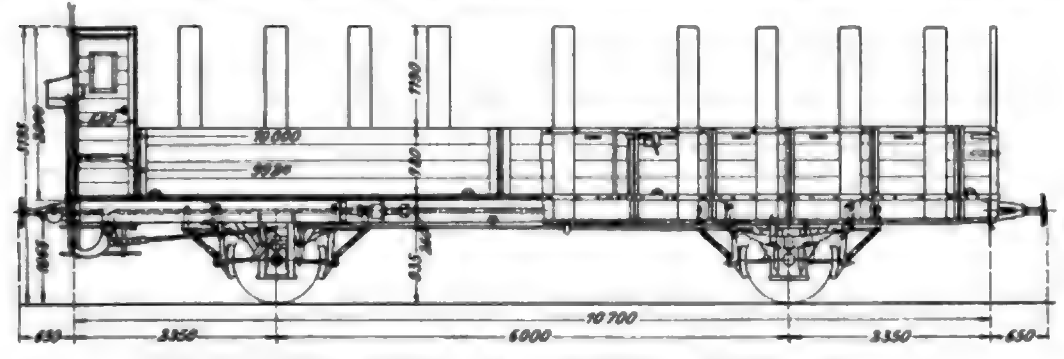


Abb. 26. Offener Güterwagen der Preußischen Staatseisenbahnen. Ladegewicht = 15 t.

Abb. 27. Offener Güterwagen der Sächsischen Staatseisenbahnen.
Lichte Kastenbreite = 2750 mm. Ladegewicht = 15 t.

Die Plattformwagen weisen gleichfalls die vorbeschriebenen Anbindringe und häufig auch Rungen auf.

Bei offenen Güterwagen ohne Einsteckrungen werden im Bedarfsfalle lose eiserne Kippen (Geißfüße, Gabelstützen) mit Ketten verwendet.

Nach den internationalen Vorschriften über die zollsichere Einrichtung der Güterwagen können offene Wagen, deren Kopfwände durch eine starke Stange miteinander verbunden und mit mindestens 75 cm breiten

Verdeckstücken versehen und deren Seitenwände mindestens 50 cm hoch sind, wenn sie mit Ringen zur Befestigung von Schutzdecken ausgerüstet sind, unter Verwendung solcher Decken zur Beförderung von Zollgütern aller Art benutzt werden; offene Wagen anderer Art, welche mit Ringen oder anderen zur Befestigung von Schutzdecken geeigneten Vorrichtungen versehen sind, können nur zur Beförderung gewisser, in diesen Vorschriften näher beschriebenen Güter verwendet werden; für die Ausführung der Schutzdecken und deren Befestigung sind gleichfalls bestimmte Vorschriften gegeben.

e) Spezialgüterwagen.

Im nachstehenden sollen die üblichen Spezialwagenbauarten kurz beschrieben werden.

Für den Transport von Leichen besitzen einzelne Bahnen besondere Spezialwagen, die eine Abteilung für die Leiche (Leichenkammer) und hiervon getrennte Abteile für die Begleiter besitzen. In der Regel erfolgt der Transport von Leichen jedoch in gewöhnlichen gedeckten Güterwagen.

Eine Gruppe für sich bilden die Kühlwagen, welche zum Transport von gegen höhere Temperaturen empfindlichen und hierbei leicht dem Verderben ausgesetzten Gütern, wie Bier, Fleisch, Milch, Butter usw. bestimmt sind.

Die Bierwagen und Fleischwagen erhalten Wände, Dach und Fußboden zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Temperatur im Wageninnern mit mehrfacher (meist dreifacher) Verschalung ausgeführt; die Zwischenräume der Verschalungen werden häufig noch mit schlechten Wärmeleitern (Holzspäne, Häckerling, Asche, am besten Korkstein) ausgefüllt. Auch werden zuweilen zur Verhinderung der unmittelbaren Bestrahlung der Dächer durch die Sonne über diesen besondere Schutzbe-

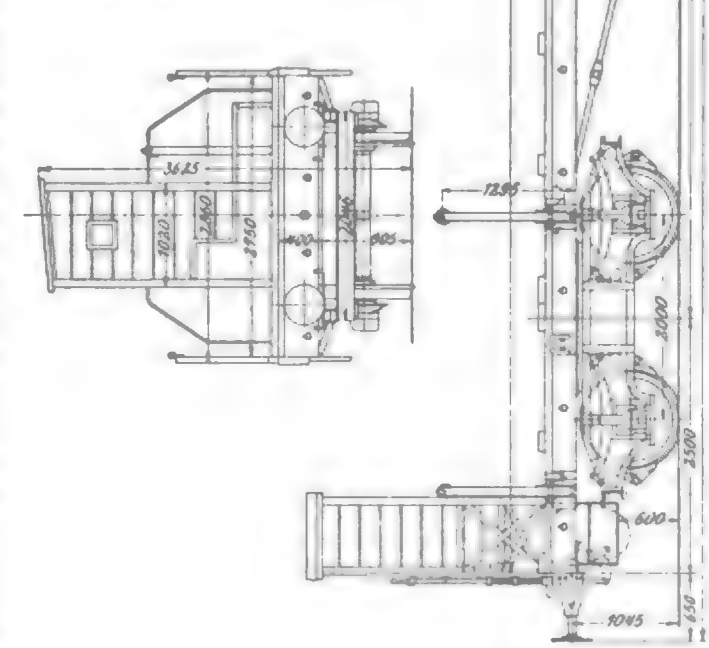


Abb 28. Plattformwagen der Preußischen Staatseisenbahnen. Ladegewicht = 30 t.

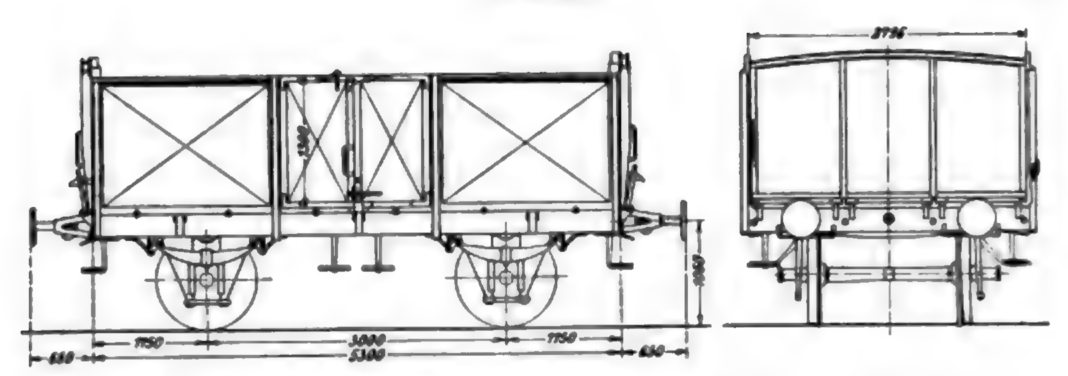


Abb. 29. Kohlenwagen der Preußischen Staatseisenbahnen. Ladegewicht = 15 t.

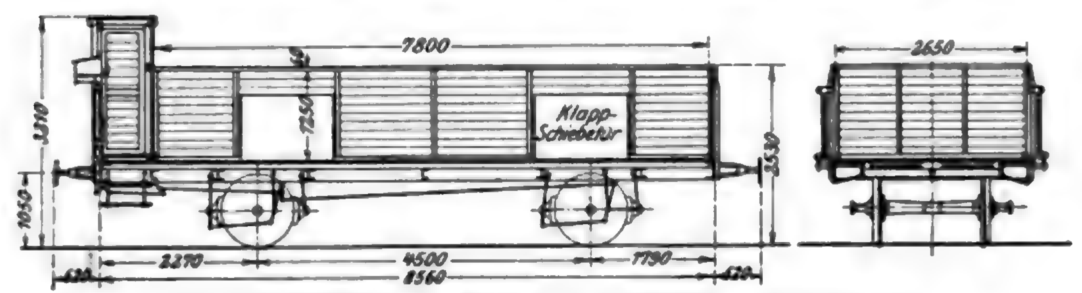


Abb. 30. Kohlenwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.
Eigengewicht = 8·4 t. Ladegewicht = 20 t.

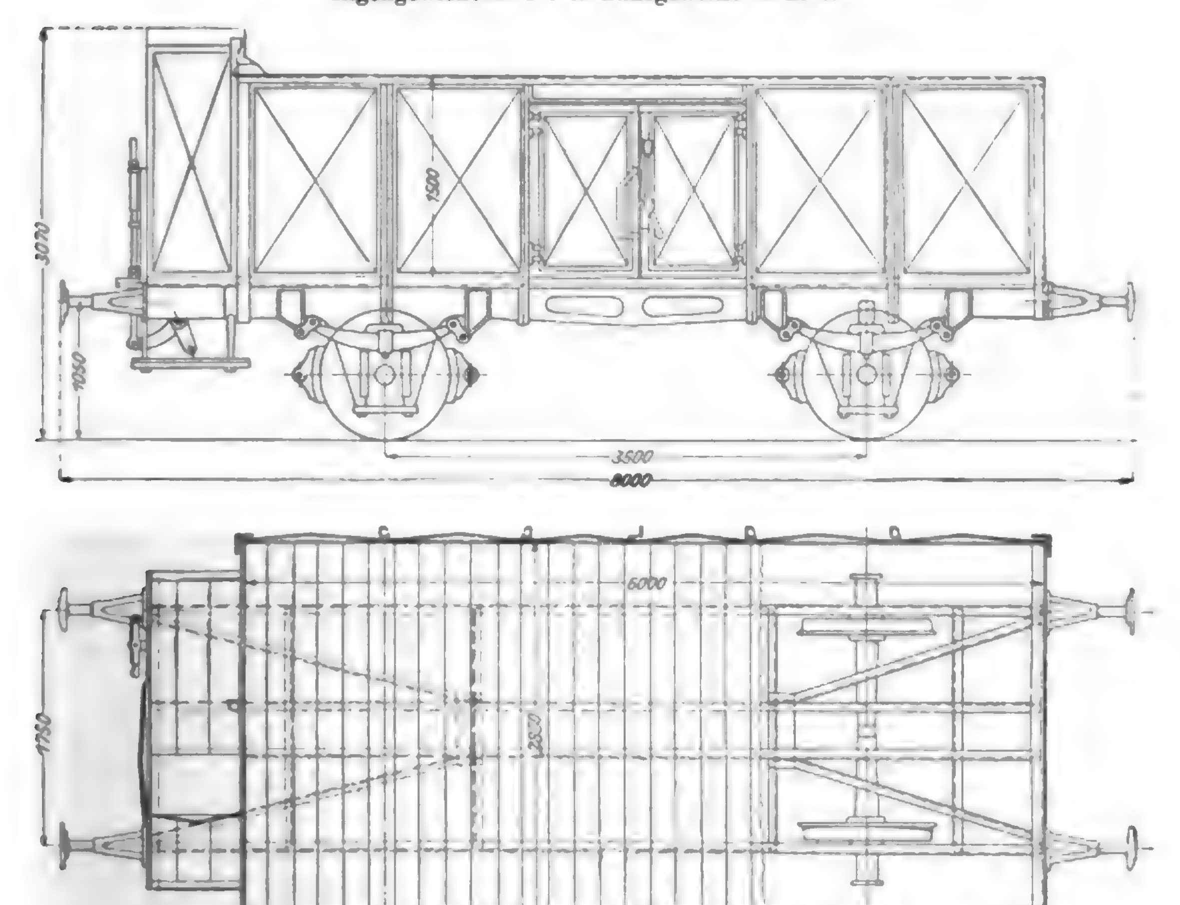


Abb. 31. Kohlenwagen der Preußischen Staatseisenbahnen.
Eigengewicht = 8·4 t. Ladegewicht = 20 t.

Digitized by Google

dachungen (Sonnendächer) angeordnet. Bei den Fleischwagen werden Innenwände und Fußboden auch mit Zinkblech verkleidet und letzterer mit einem Lattenrost bedeckt.

Im Wageninnern werden Eisbehälter — in der Regel unter dem Dache in der Wagenlängsrichtung, seltener stehend (in Amerika Eistaschen an den Innenwänden) — mit in das Freie mündenden Abflußrohren für das Schmelzwasser angebracht. Bei den liegenden Eisbehältern wird das Eis durch im Dache angeordnete, verschließbare Luken zugeführt.

Bei den Fleischwagen (vgl. Abb. 32) werden wegen der notwendigen geringen Temperatur (etwa 6° C, bei Bierwagen etwa 8 bis 10° C) die Eisbehälter mit einem größeren Fassungsraum ausgeführt; um den

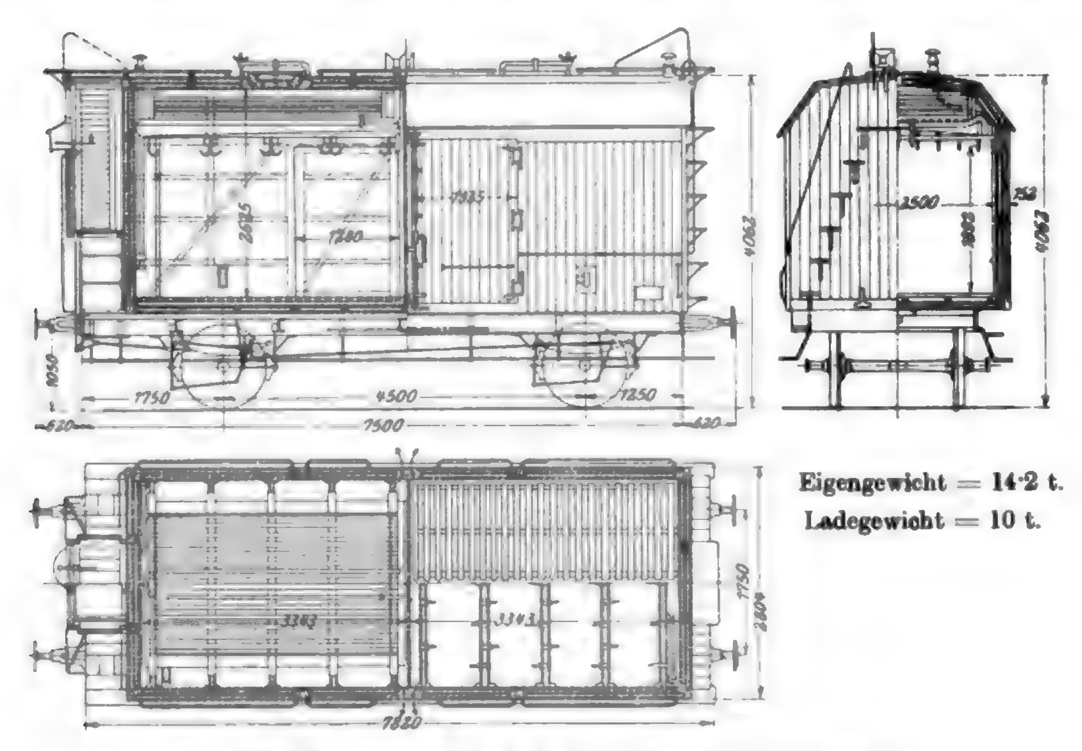


Abb. 32. Fleischwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

Laderaum nicht zu sehr zu beschränken, werden die Fleischwagen nicht mit bogenförmigem, sondern mit trapezförmigem Dach versehen. Nebst luftsaugenden Deckenventilatoren sind noch Vorrichtungen für die Zufuhr frischer Luft unter gleichzeitiger Verhinderung des Eindringens von Staub, Ruß usw. vorgesehen. Zum Aufhängen des Fleisches dienen eiserne, verzinnte Haken, die in der Regel auf Querbalken unterhalb der Eisbehälter angebracht sind. Im Winter wird Fleisch auch in gewöhnlichen bedeckten Güterwagen, in welche bockartige Gerüste mit Fleischhaken eingestellt werden, befördert.

Die Bierwagen werden in Gegenden mit sehr niederen Wintertemperaturen häufig mit Heizeinrichtungen (zumeist Luftheizung mit am Untergestell befestigten Brikettheizkasten) versehen. Sonst werden im Winter, wo Bier auch in gewöhnlichen gedeckten Güterwagen befördert wird, zum Schutze gegen Kälte die Fässer mit Stroh umwickelt

oder es werden Wärmeflaschen, neuerdings auch tragbare Glühsteinheizkasten oder Wärmefässer in die Wagen eingebracht.

Die Butterwagen werden in der Regel wie die Bier- und Fleischwagen mit mehrfacher Verschalung, zuweilen auch mit Eisbehältern, ausgeführt. Luftsauger am Dache und Luftzuführung von unten sind meist vorgesehen. Im Wageninnern befinden sich Legebretter.

Milchwagen werden entweder als Kühlwagen nach Art der Bier- und Fleischwagen mit Eisbehältern, Luftsaugern am Dache, häufig auch noch mit Luftzuführung von unten, oder auch als Wagen mit einfacher, durchbrochener Verschalung (Schlitze innen oft mit Drahtsieben verdeckt) ausgeführt. Im Innern sind Legebretter angeordnet. Auf weiche Abfederung der Milchwagen ist Wert zu legen.

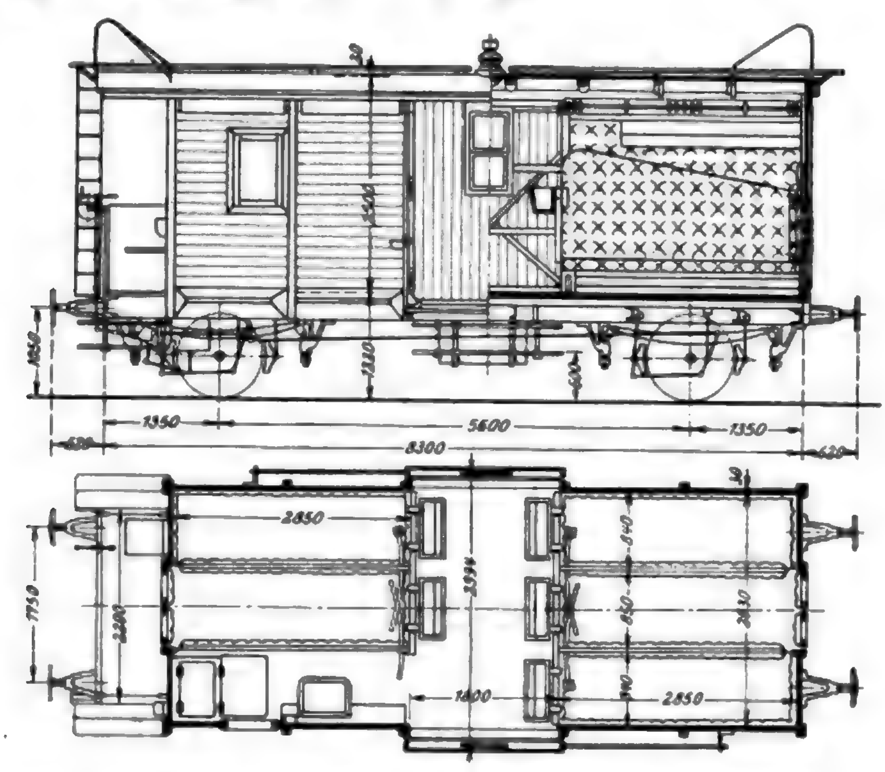


Abb. 33. Pferdewagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen. Eigengewicht = 10·6 t. Ladegewicht = 5 t.

In Österreich ist jetzt eine Ausführungsform des Milchwagens als Kesselwagen in Anwendung. Der Kessel ist durch quer eingebaute Böden in mehrere Behälter geteilt, wovon eine Anzahl zur Aufnahme der Milch und die dazwischenliegenden zur Aufnahme des Eises bestimmt sind.

Da Kühlwagen auch in Personenzüge eingestellt werden, erhalten sie in der Regel Dampfheiz- und Bremsleitung.

Pferdewagen (vgl. Abb. 33) dienen zum Transport von Luxuspferden. Sie sind für die Unterbringung von drei oder sechs Pferden eingerichtet. Die Pferdestände sind in der Regel in der Längsrichtung des Wagens angeordnet und durch gepolsterte Streichwände voneinander getrennt. Alle übrigen Wagenteile, mit welchen die Pferde in Berührung kommen können, wie Seitenwände, Brustriegel, Dachbogen usw. sind gleichfalls gepolstert. Die Polsterung der Seitenwände muß in Deutschland und Österreich nach

den behördlichen Vorschriften zwecks Ermöglichung einer gründlichen Desinfektion abnehmbar sein. Besondere Räume für Begleiter und Futter sind meist vorgesehen. Die Ver- und Entladung erfolgt durch seitliche Schiebetüren oder Stirntüren (auch durch umlegbare Türen, die als Ladebrücke verwendet werden). Fenster oder Luftklappen, auch Dachluftsauger sind vorgesehen. Die Beleuchtung erfolgt mittels Öllampen. Die Abfederung ist in der Regel weicher wie bei gewöhnlichen Güterwagen.

Für die Beförderung von Vieh dienen die Hornviehwagen und Borstenviehwagen, wenn nicht gewöhnliche Güterwagen (insbesondere für Hornvieh) hierzu verwendet werden. In Österreich dürfen nur mit Dach versehene Güterwagen, in Deutschland auch offene Güterwagen für Viehtransporte benützt werden, doch müssen letztere bei Transport von Großvieh eine Bordwandhöhe von mindestens 1500 mm und bei Transport von Kleinvieh eine solche von mindestens 750 mm aufweisen und an den Innenwänden mit Anbindringen versehen sein.

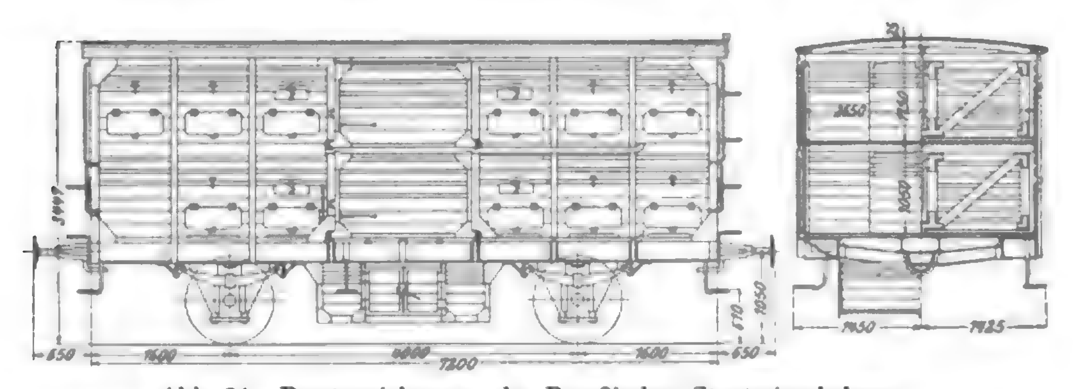


Abb. 34. Borstenviehwagen der Preußischen Staatseisenbahnen.
Ladegewicht = 15 t.

Die Spezialwagen für Hornviehtransporte sind Wagen mit bis etwa $^2/_3$ Höhe reichenden festen, mit seitlichen Schiebetüren versehenen Wänden, an welche sich Träger mit festem Dach anschließen. Vorrichtungen für Fütterung und Tränkung sind in der Regel nicht vorhanden.

Borstenviehwagen (vgl. Abb. 34) werden als überdachte Etagewagen mit zwei übereinanderliegenden Abteilungen, häufig auch noch mit einem am Untergestell befestigten Kasten für die Unterbringung von Futter, auch von Jungvieh oder von unterwegs erkrankten Tieren ausgeführt. Die einzelnen Abteilungen und der Unterkasten besitzen Schiebetüren. Die Seiten- und Stirnwände sind durchbrochen (Lattenwände). In Deutschland müssen sie nach den behördlichen Vorschriften so weit aus dichten Brettern bestehen, daß die Tiere gegen Zugluft von unten geschützt und das Herausfallen von Kot und Streu verhindert wird. Entlang der Langwände sind Futtertröge angeordnet.

Geflügelwagen werden als mehr-(vier)-bödige Wagen mit Lattenwänden oder gitterartig durchbrochenen Wänden ausgeführt.

Fischwagen für den Transport lebender Fische werden in der Regel als gedeckte Güterwagen mit mehreren Wasserbehältern im Wageninnern ausgeführt. Für häufigen Wechsel des Wassers, wenn dieses nicht in Kreislauf gesetzt wird, und Abkühlung des Wageninnern muß vorgesorgt

Digitized by Google

sein. In Deutschland sind derzeit Fischwagen in Verwendung, bei welchen das Wasser durch eine im Wagen befindliche Pumpe, die von einem Benzin- oder Petroleummotor angetrieben wird, aus den Wasserbehältern ununterbrochen abgesaugt und mittels einer Druckleitung von oben zerstäubt den Behältern wieder zugeführt wird. Antrieb der Pumpe von der Wagenachse ist zuweilen gleichfalls vorgesehen, doch ist auch dann ein Motor nicht zu entbehren, damit während längeren Stillstandes der Wagen in Zwischenstationen der Kreislauf des Wassers nicht unterbrochen wird. Fischwagen werden zwecks Ermöglichung ihrer Einstellung in personenführende Züge mit Einrichtungen für die durchgehende Bremse und mit Dampfheizleitung versehen.

Die Holzkohlenwagen werden zur Erzielung eines großen Laderaumes meist mit trapezförmigem Dach gebaut. Für rasche Be- und Entladung hat sich die Anbringung von Dachklappen, sowie von oberen und unteren Seitenwandklappen bewährt. Die Seitentüren (gewöhnlich Doppel-

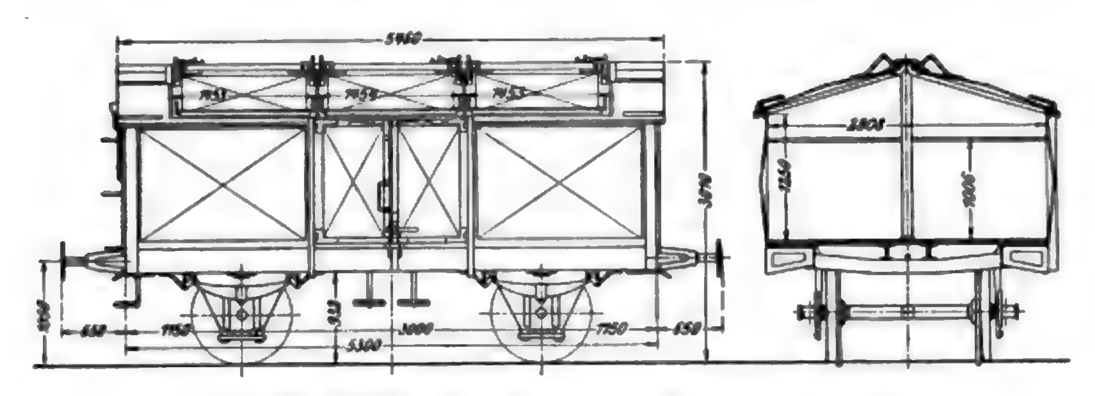


Abb. 35. Kalkwagen der Preußischen Staatseisenbahnen.
Ladegewicht = 15 t.

flügeltüren) werden entsprechend hoch und breit gehalten, um die Wagen unter Umständen auch für Viehtransporte verwenden zu können.

Kalkwagen (vgl. Abb. 35) werden zum Schutze des verladenen Kalkes gegen Sonnenbestrahlung und Eindringen von Nässe mit Dächern (bogen- oder sattelförmig) versehen. Zur Be- und Entladung dienen Seitentüren, ferner abnehmbare, aufklappbare oder abrollbare Dachdeckstücke. Alle Fugen müssen gut abgedeckt werden, um Eindringen von Nässe zu verhindern.

Selbstentlader (Schnellentlader, Trichterwagen) sind offene Güterwagen mit Einrichtungen für rasche Entladung zwischen die Schienen eines Gleisstranges oder seitlich des Gleises. Die Selbstentlader finden vorteilhafte Verwendung für Massentransporte von Kohle, Erz u. dgl., erfordern jedoch besondere Verlade- und Entladegleisanlagen, in welchem Falle eine Ersparnis an Lohn und Zeit für die Be- und Entladung und in weiterer Folge ein rascherer Wagenumlauf erzielt wird.

Die Entladung erfolgt durch nach außen aufgehende Boden- oder Seitenklappen oder auch durch in der Längsrichtung des Wagens bewegliche Bodenschieber. Die Innenwände des Kastens weisen gegen die Klappenöffnungen auf eine entsprechende Länge hin eine geneigte Lage (30° bis 45° gegen die Wagerechte) auf, um ein rasches Abrutschen der Ladung

bei geöffneten Klappen zu ermöglichen. Für sämtliche oder zumindest für die auf einer Langseite befindlichen Klappen ist meist ein gemeinsamer, von einer einzigen Stelle des Wagens aus zu betätigender Be-

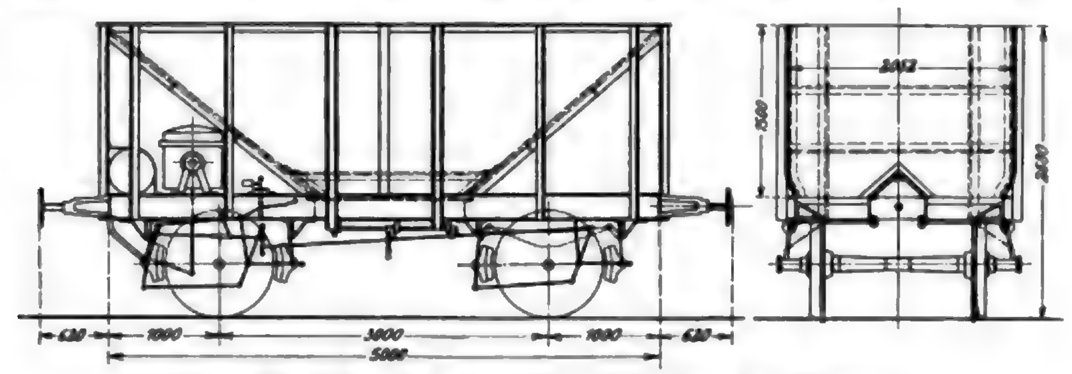


Abb. 36. Erzwagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.
Eigengewicht = 7·7 t. Ladegewicht = 20 t.

wegungsmechanismus zum gleichzeitigen Öffnen der Klappen angeordnet. Der Wagenkasten wird aus Eisen (vielfach Preßblechen) hergestellt.

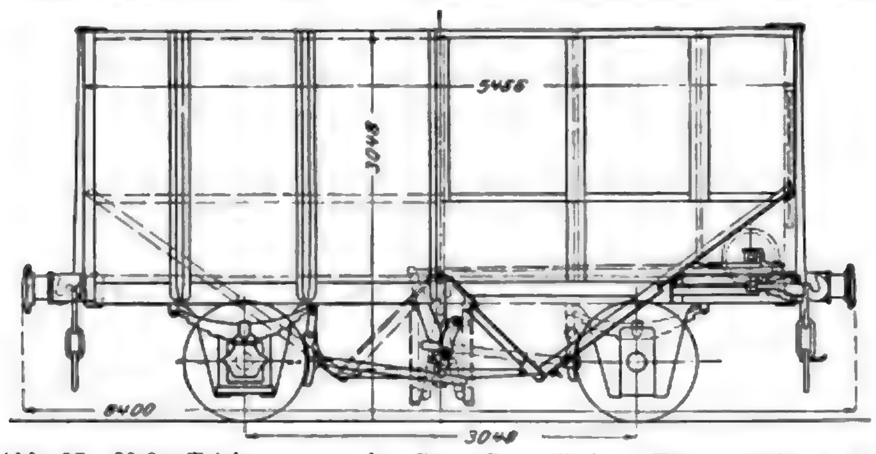


Abb. 37. 20·3 t-Trichterwagen der Great-Centralbahn. Eigengewicht = 8 t.

In den Abb. 36 bis 38 sind einige bestehende Ausführungen für Wagen mit Bodenentladung zwischen die Schienen eines Gleisstranges dargestellt. Abb. 36 zeigt die Anordnung von wagerecht liegenden Entladeklappen, Abb. 37 eine solche von schräg gestellten Entladeklappen bei zweiachsigen Trichterwagen.

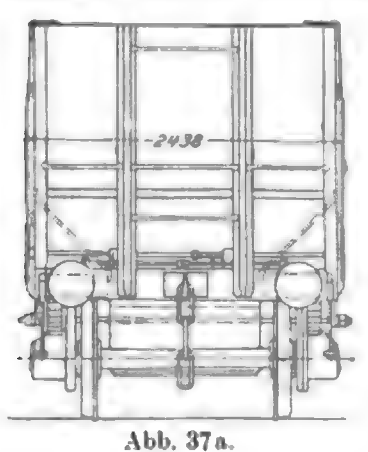


Abb. 37a.

Abb. 38 stellt einen vierachsigen Wagen mit zwei Mitteltrichtern und schräg gestellten Klappen dar.

Außerdem gibt es noch vierachsige Selbstentlader mit vier Mitteltrichtern, dann solche, welche nebst den Mitteltrichtern noch in den Wagenüberhängen Endtrichter angeordnet haben. Wagerecht liegende Entladeklappen finden sich bei den vierachsigen Wagen gleichfalls vor.

Von den für die Entladung seitlich der Gleise in Verwendung stehenden Trichterwagen

haben sich am besten die Talbotwagen (vgl. Abb. 39) bewährt, welche die vollständige Selbstentladung sowohl nach einer Seite, wie auch gleichzeitig nach beiden Seiten des Gleises ermöglichen.

Zu erwähnen wären noch die in Amerika in Verwendung stehenden Goodwin-Wagen mit dem um seine Längsachse kippbaren Wagenkasten (vgl. Abb. 40).

Um die für Selbstentladung eingerichteten Güterwagen in Zeiten, wo die Massentransporte aussetzen, auch für den gewöhnlichen Gütertransport wirtschaftlich verwenden zu können, ist man — freilich bis jetzt mit geringem Erfolg — bestrebt, eine beiden Transportbedingungen vollständig gerecht werdende Bauart zu finden. Von den zu diesem Zwecke bereits ausgeführten Bauarten sei der Talbot-Flachbodenentlader erwähnt (vgl. Abb. 41). Eine vollständige Selbstentleerung des Wagens findet freilich auch hier nicht statt.

Die Drehschemelwagen (Langholzwagen, Kippstockwagen, vgl. Abb. 42, 43) dienen, paarweise verwendet, zur Verladung solcher Gegenstände, die wegen ihrer Länge auf einen Wagen nicht gelagert werden können. Der Drehschemel ist in der Mitte der Plattform um einen lotrechten Bolzen drehbar angeordnet und besitzt an seinen beiden Enden zur seitlichen Sicherung der Ladung lotrechte, einsteckbare oder umlegbare Rungen mit Spannketten.

Das beladene Wagenpaar wird durch die Schraubenkuppel oder durch einen Zwischenwagen, der mit den beiden tragenden Wagen durch die Schraubenkuppelungen oder durch Kuppelstangen gekuppelt ist, verbunden; die Verbindung kann auch durch die Ladung allein erfolgen, wenn diese sich dazu eignet und jeder der Drehschemel mit wenigstens 7·5 t belastet ist.

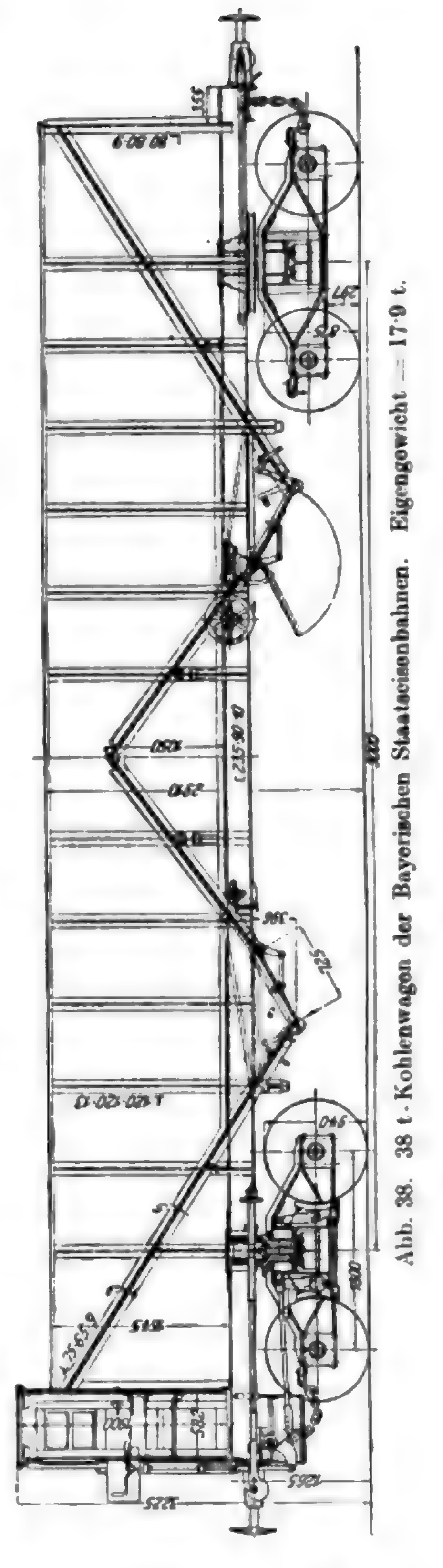


Abb. 38. 38 t-Kohlenwagen der Bayerischen Staatseisenbahnen. Eigengewicht = 17·9 t.

Um die Drehschemelwagen im Bedarfsfalle auch für andere Transporte benutzen zu können, werden die Drehschemel derart gelagert, daß sie in die Längsrichtung des Wagens gestellt oder auch abgenommen werden können; ferner werden häufig Taschen für das Einstecken von Rungen,

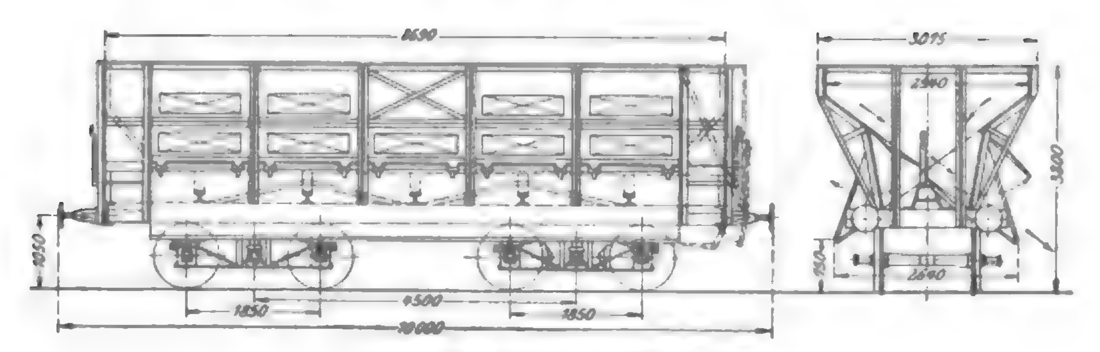


Abb. 39. 40 t-Talbot-Wagen.

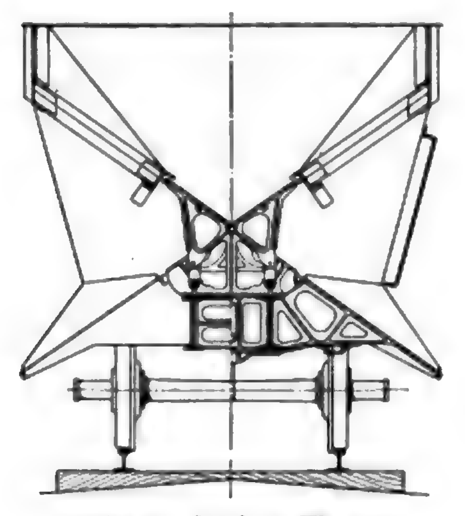


Abb. 40. Goodwin-Wagen.

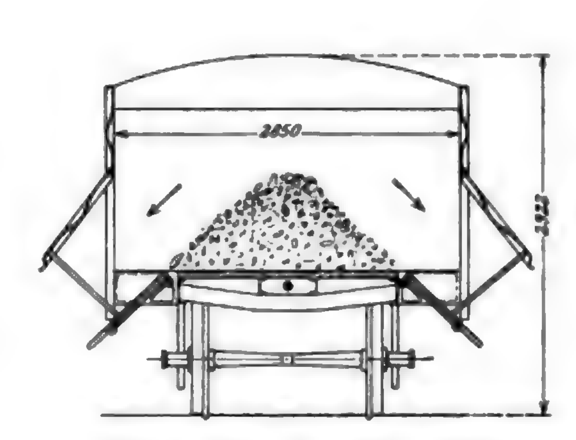


Abb. 41. Talbot-Flachbodenentlader.

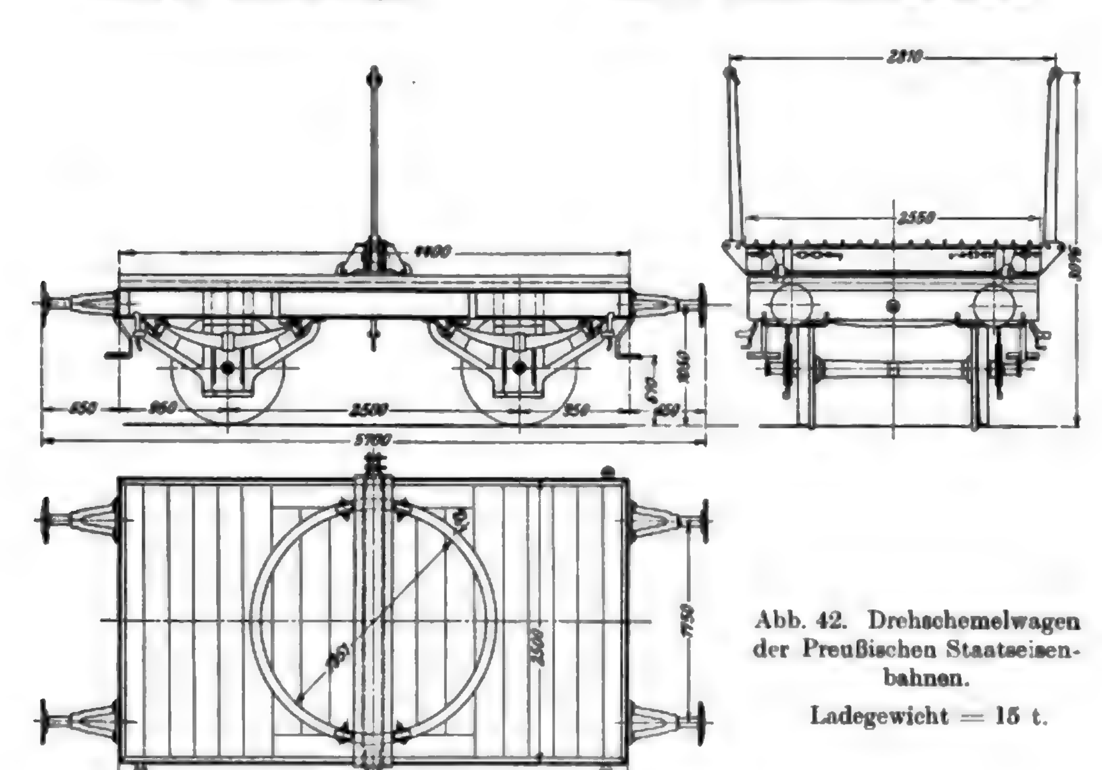


Abb. 42. Drehschemelwagen der Preußischen Staatseisenbahnen.

Ladegewicht = 15 t.

Anbinderinge, zuweilen auch noch abnehmbare Bordwände angebracht (vgl. Abb. 43).

Die Drehschemelwagen werden in der Regel ohne Spindelbremse ausgeführt.

Bockwagen besitzen schräg gestellte Plattformen zur Verladung von Gegenständen, die wegen ihrer Größe mit Rücksicht auf die für die Ladung zulässige Umgrenzung nicht in wagerechter oder lotrechter Lage verladen werden können (Schwungräder, Traggerüste, Spiegelglas usw.).

Die Schienentransportwagen werden in der Regel als vierachsige Plattformwagen mit kurzen Seitenrungen aus Eisen ausgeführt. In Belgien sind solche Wagen mit 18 m Drehzapfenentfernung (Plattform 24·2 m lang, 1·96 m breit) für 40 t Tragfähigkeit in Verwendung.

Für den Transport von voluminösen Gütern mit unregelmäßigen Ladeflächen (schwere Gußstücke, Maschinenteile usw.) werden

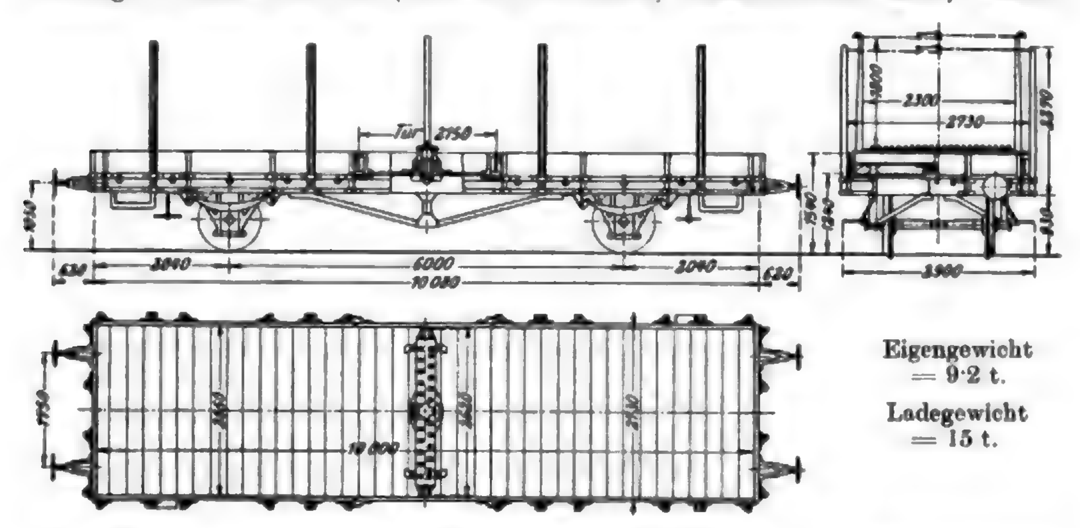


Abb. 43. Drehschemelwagen mit Bordwänden der k. k. Österreichischen Staatsbahnen.

vierachsige Spezialwagen ohne Bordwände und Bodenbelag (auf den Langträgern aufruhende verstellbare Querbalken, nach abwärts ausgebogene Langträger, Querträger) mit einer Tragfähigkeit bis zu 50 t verwendet.

Die Geschütz-(Kanonen-)Wagen dienen zum Transport schwerer Geschütze; sie weisen bis zu 16 Achsen auf. Diese Wagen sind für besonders hohe Tragfähigkeit (bis zu 140 t) ausgeführt und besitzen zwei bis vier Drehgestelle (Unterwagen) mit je drei oder vier Achsen; bei den Wagen mit vier Drehgestellen sind je zwei Drehgestelle durch Zwischenträger, auf welchen die eigentliche Ladebrücke ruht, verbunden.

Kessel-(Zisternen-, Reservoir-, Bassin-, Topf-)Wagen sind solche offen oder gedeckt gebaute Wagen, welche durch fest und dauernd mit dem Wagengestelle verbundene Fässer, Bassins, Metallzylinder oder sonstige Gefäße zur Beförderung von Flüssigkeiten (Säuren, Spiritus, Wein, Petroleum und anderen Mineralölen, Teer, Melasse, Ammoniakwasser usw.) eingerichtet sind.

Man unterscheidet folgende Hauptformen: Kesselwagen mit kofferartigem Behälter (zumeist ältere Wagen); Topfwagen mit 10 bis 12 stehenden Tongefäßen (für Transport von Salzsäure und Salpetersäure); Kesselwagen für Weintransporte, in der Regel als gedeckte, zollsicher ver-

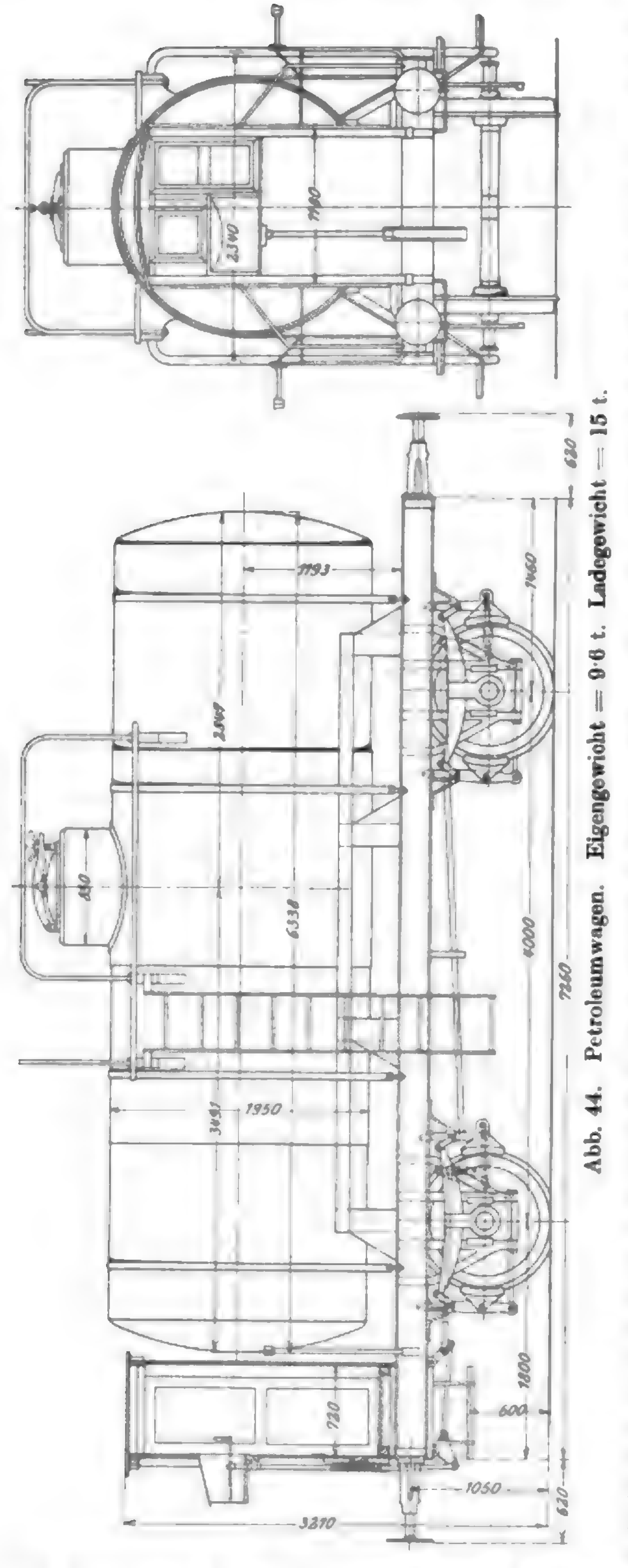


Abb. 44. Petroleumwagen. Eigengewicht = 9·6 t. Ladegewicht = 15 t.

schließbare Güterwagen mit zwei liegenden oder stehenden Holzfässern im Wageninnern ausgeführt, und die ähnlichen Kognaktransportwagen mit Kupfergefäßen im Wageninnern; schließlich die am meisten in Verwendung stehenden Kesselwagen mit liegendem, zylindrischen Kessel aus Eisen (vgl. Abb. 44), welche nachstehend ausführlicher besprochen werden sollen.

Bei diesen Wagen ruht der Kessel — gegen Verschiebungen und Verdrehungen möglichst gesichert — auf am Wagengestelle befestigten Quersatteln aus Eisen, seltener (meist nur bei. älteren Wagen) aus Holz.

Die Kessel besitzen einen Dom mit verschließbarem Mannloch, das in der Regel gleichzeitig als Füllöffnung dient, im Innern unten ein Ablaßventil, von welchem quer zur Wagenlängsachse gestellte Ablaßrohre mit Mundstücken zum Aufschrauben der Entleerungsschläuche ausgehen; die Mundstücke sind durch Kapseln mit Überwurfmuttern verschließbar. Zwischen Ablaßventil und Mundstücke sind in die Ablaßrohre in der Regel noch Ablaßhähne eingebaut; nur bei Kesseln für dickflüssige Ladung (Teer, Melasse) werden diese Hähne zuweilen weggelassen. Das Ablaßventil wird durch eine in den Dom reichende Spindel mit aufgesetztem Griffrad betätigt. Bei Schwefelsäurewagen wird diese Spindel zum Schutze der sie

Digitized by Google

handhabenden Personen gegen Verätzungen zumeist neben dem Dom aus dem Kessel hervorragend angeordnet. Bei diesen Wagen wie auch bei den Wagen für den Transport von Kalziumsulfohydrat (Auslauge-Rückstände der Sodafabrikation) ist nebst den vorbeschriebenen Ablaßvorrichtungen oder auch unter Wegfall derselben eine Vorrichtung zum Entleeren der Kessel mittels Druckluft vorhanden, bestehend in zwei oben am Kessel aufgesetzten Stutzen, von denen der eine für Einführung der Druckluft, der zweite, mit einem in das Kesselinnere zuunterst reichenden Steigrohre versehen, zum Ablassen der Flüssigkeit dient; ist bei solchen Wagen ein Ablaßventil nicht angeordnet, so wird, um die Reinigung des Kessels oder eine etwa notwendige Notentleerung desselben vornehmen zu können, unten am Kessel eine verschließbare Waschluke angebracht.

Es empfiehlt sich, die seitlichen Ablaßrohre nicht am Wagengestelle zu befestigen, damit sie bei den unvermeidlichen gegenseitigen Bewegungen des Untergestelles und des Kessels (bei heftigeren Stößen) nicht Beschädigungen ausgesetzt werden; auch sollen sie nicht so tief gelagert werden, daß ein Umgreifen derselben durch die Zugvorrichtung des Wagens stattfindet, da sonst beim Reißen der Zugstange, insbesondere wenn diese keinen Fangkeil besitzt, die Ablaßvorrichtung durch die Zugvorrichtung zum Bruche gebracht werden kann.

Sämtliche Verschlüsse der an dem Kessel vorhandenen Öffnungen (Mannloch, Füll- und Entleerungsstutzen, Auswaschluke, Ablaßhähne) werden in der Regel plombierbar eingerichtet.

Bei Kesseln, die für den Transport von Flüssigkeiten bestimmt sind, welche explosive Gase entwickeln (Spiritus, Benzin), werden auf den Domdeckeln Abzugsöffnungen mit Schutzkappen gegen das Einfallen von Funken angeordnet. Zu den Domen führen beiderseits mit Anhaltstangen versehene Aufstiege; auch sind häufig durch Geländer geschützte Plattformen längs des Domes, der Füllstutzen usw. angeordnet.

Die Mantelbleche werden in der Regel nicht unter 5 mm (bei Schwefelsäurewagen bis 10 mm) Stärke ausgeführt. Im Innern der Kessel befinden sich häufig quer gestellte Verbindungsbleche (Schwall-, Schwenkbleche), die das Schwanken der Flüssigkeit bei heftigeren Stößen, insbesondere wenn die Kessel nicht vollständig gefüllt sind, abschwächen und außerdem eine Versteifung der Kesselwandungen abgeben.

Die für den Transport von Spiritus, Petroleum, Benzin bestimmten Kessel sind zuweilen durch eingezogene lotrechte Zwischenböden in zwei oder drei Räume geteilt, um verschiedene Gattungen der angeführten Flüssigkeiten mit einem Wagen befördern zu können.

Die Kessel der Spirituswagen müssen, wenn sie einer amtlichen Eichung unterworfen werden, die von den Eichbehörden vorgeschriebene Bauart aufweisen; in Österreich und in Ungarn müssen beispielsweise die Enden solcher Kessel mit dem Dome durch außen geführte Luftrohre verbunden sein.

Teertransportwagen, auch Rohöltransportwagen, werden häufig im Innern der Kessel mit einer Dampfheizschlange versehen.

Der Rauminhalt der Kessel, die bis jetzt meist für 15 t Ladegewicht ausgeführt werden, schwankt zwischen 80 und 200 cbm, je nach dem spezifischen Gewicht der Ladung; den größten Laderaum weisen die für Petroleum, den kleinsten die für Schwefelsäure bestimmten Wagen auf.

Ein besonderer Wert ist seit jeher auf Verwendung der Spiritustransportwagen für Melassetransporte gelegt worden. Der beträchtliche Unterschied im spezifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten (Spiritus etwa 0·9, Melasse etwa 1·4) hat dem jedoch Schwierigkeiten entgegengesetzt; bis zum Jahre 1907 war das Ladegewicht der neuzubauenden Kesselwagen im V. D. E. V. durch das Vereins-Wagen-Übereinkommen mit 15000 kg nach oben begrenzt, so daß ein für Vollfüllung mit Melasse gebauter Kessel eine wirtschaftliche Ausnutzung für Spiritustransporte nicht zuließ. Die vereinzelt in Anwendung stehende Bauart mit einem in den Hauptkessel eingebauten Langkessel von geringerem Durchmesser, wobei bei Transport von Melasse nur der Raum zwischen dem großen und kleinen Kessel, bei Transport von Spiritus auch der kleine Kessel gefüllt wurde, hat sich nicht bewährt.

Infolge Wegfalles der vorgenannten, das Ladegewicht beschränkenden Bestimmung ist in letzter Zeit der Bau von zweiachsigen, beiden Trans-

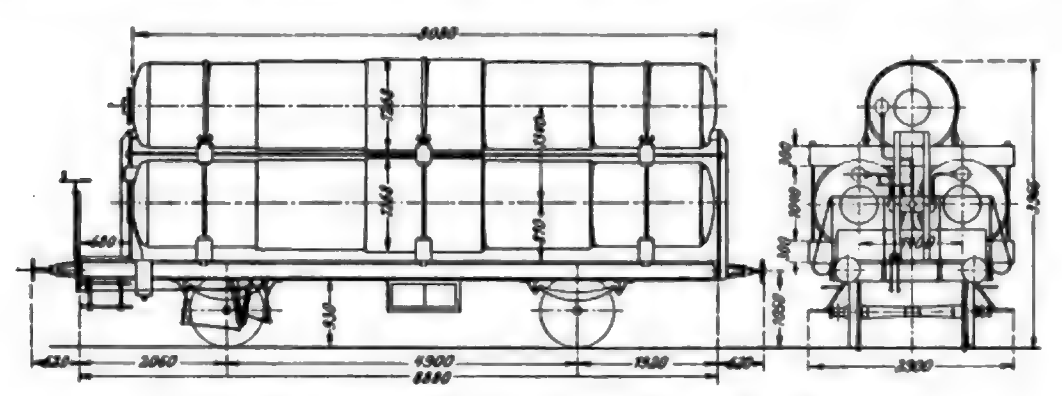


Abb. 45. Gaswagen der k. k. Österreichischen Staatsbahnen. Eigengewicht = 16·6 t.

portzwecken mit wirtschaftlichem Nutzen dienenden Wagen mit einfachem Kessel und einem Rauminhalte von etwa 130 cbm in Angriff genommen worden; diesem Rauminhalte entspricht eine Vollfüllung mit etwa 18 t Melasse oder mit etwa 12 t Spiritus.

Nach dem Vereins-Wagen-Übereinkommen muß jeder Topfwagen, ferner jeder andere Kesselwagen von 15000 kg und mehr Ladegewicht mit Bremse versehen sein (in Österreich und Ungarn überhaupt jeder Kesselwagen).

Gaswagen (vgl. Abb. 45) dienen zur Beförderung von Leuchtgas nach Stationen ohne Gasanstalten, in welchen jedoch ein Nachfüllen der Gasbehälter der Personenwagen vorgenommen werden soll.

Sie sind als Kesselwagen mit einem, zwei, neuerdings zumeist mit drei eisernen Behältern erbaut; der Gasdruck beträgt bei voller Füllung 10 bis 11 atm. Die Kessel sind mit Füll- (zugleich Ablaß-) Ventilen, Manometern, Mannlöchern und mit einer Vorrichtung zum Ablassen der flüssigen Kohlenwasserstoffe (entweder Steigrohr zum Ablaßventil für Ablassen unter Druck oder vorteilhafter ein Ablaßhahn an der tiefsten Stelle des Kessels) ausgerüstet. Bei der Feuergefährlichkeit der flüssigen Kohlenwasserstoffe ist auf ihre vollständige Entfernung vor dem Befahren des Kessels, welches nur auf die unumgänglich notwendigsten Fälle (Ausbesserung der Innenwandungen) beschränkt werden soll, besonders zu achten. In Österreich werden

zu diesem Zwecke die vorgenannten Ablaßhähne benutzt und außerdem die Kessel vor Befahren derselben einer gründlichen mehrmaligen Lüftung und Waschung, zu welchem Zwecke unten am Kessel eine Waschluke angebracht ist, unterworfen.

Schließlich seien außer den Gaswagen noch die übrigen, nur für besondere Bahndienst- und Hilfszwecke verwendeten Wagen erwähnt. Hierher gehören: die Heizkesselwagen, welche für die Beheizung des rückwärtigen Teiles langer Personenzüge bei strenger Kälte in die Zugmitte eingestellt werden; die zur Versorgung wasserarmer Bahnstrecken dienenden Wasserwagen (als Kesselwagen ausgeführt); die Gewichtswagen (Tarierwagen) zur Prüfung der Brückenwagen in Stationen; die Hilfsbremswagen zur Vergrößerung der Bremslast auf langen und starken Gefällen; die Rettungswagen, mit Werkzeugen und Hilfsgerätschaften für erste Hilfeleistung und Wiederherstellung von Strecke und Fahrbetriebsmitteln nach Eisenbahnunfällen ausgerüstet; die Kranwagen für Aufräumungsarbeiten auf der Strecke; die Gerüstwagen für die Ausbesserung der Tunnels; die Arbeitswagen zur Beförderung von Material (Kies, Schotter, Schwellen usw.) für Bahnerhaltungszwecke und zur Beförderung von Lösche; die Arbeitswagen sind zumeist alte, aus dem Fahrpark ausgereihte Wagen, die zu Plattformwagen mit niederen umlegbaren Bordwänden oder auch mit festen Bordwänden und Bodenklappen umgestaltet wurden.

Die Herstellung der Lokomotiven.

Von

J. Jahn,

Professor an der Kgl. Technischen Hochschule, Danzig.

Die Lokomotive ist gleichzeitig Dampfkessel, Dampfmaschine und Fahrzeug. Die Regeln, die auf diesen Einzelgebieten des Maschinenbaues gelten, kehren also im Lokomotivbau wieder, aber in einer eigenartigen Anpassung an den besonderen Zweck. Diese Eigenart ist gekennzeichnet durch die Vereinigung jener drei ganz verschiedenartigen Einzelbestandteile zu einem Ganzen, ferner durch die höheren Beanspruchungsziffern, die zugelassen werden müssen, um innerhalb der zulässigen Gewichtsgrenzen zu bleiben, und endlich durch die räumliche Beschränkung, die dem Lokomotivbauer durch die Umgrenzungslinie für Betriebsmittel auferlegt wird. Abb. 1 zeigt diese Umgrenzungslinie, wie sie für die deutschen Eisenbahnen durch die Eisenbahnbau- und Betriebsordnung vom 4. November 1904 vorgeschrieben ist. In früheren Jahrzehnten fiel es nicht schwer, die Umrisse der Lokomotive innerhalb dieser Linie unterzubringen. Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit stellten sich allmählich Schwierigkeiten ein, zumal als man durch Einführung der Verbundwirkung sehr große Durchmesser der Niederdruckzylinder erhielt. Noch fühlbarer wurde die räumliche Beschränkung, als seit der Ausstellung in Chicago im Jahre 1893 eine vollständige Umwälzung in den Anschauungen über die zweckmäßigste Höhenlage der Kesselachse eintrat. Abb. 1 bringt diese Schwierigkeiten durch Gegenüberstellung einer alten und einer neuen

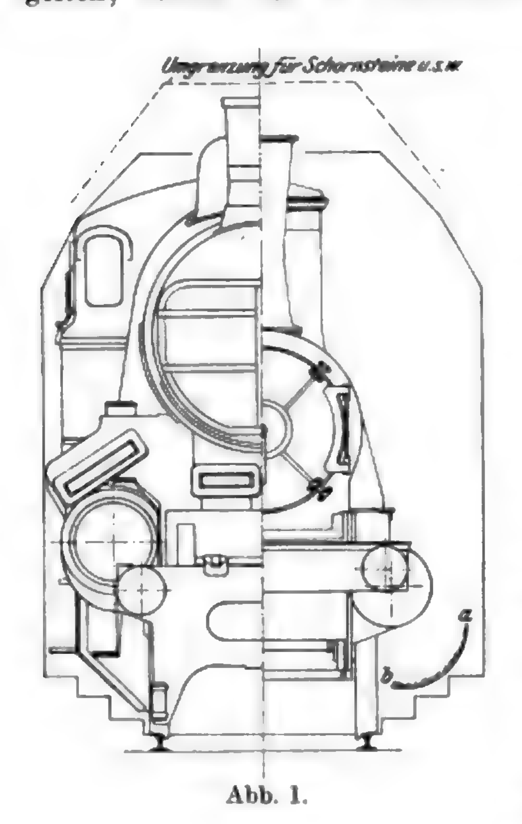


Abb. 1.

THE
JOHN CRER
LIBRARY

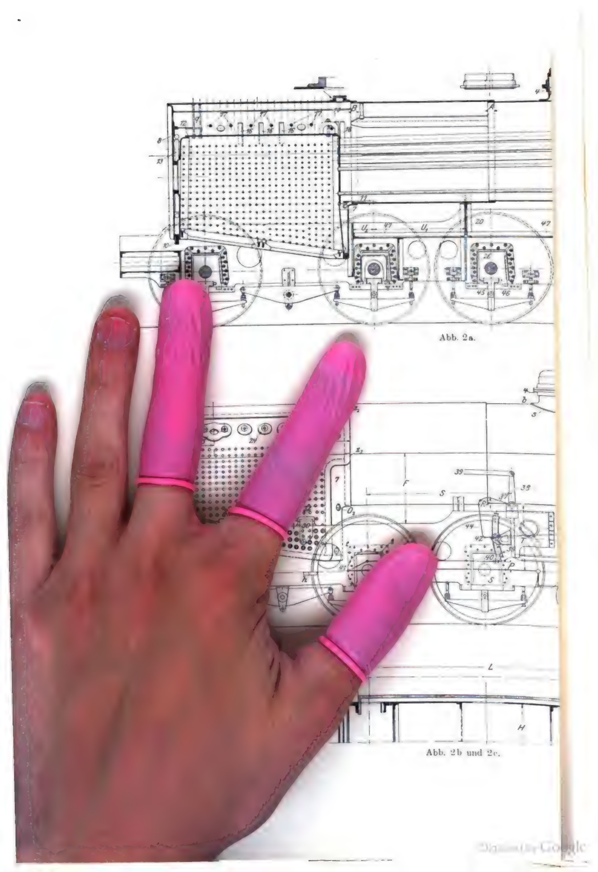


Abb. 2a.

Abb. 2b und 2c.

Digitized by Google

Schnellzuglokomotive aus den Jahren 1873 und 1905 zum Ausdruck. Eingetragen ist ferner bei *ab* der Flanschumfang des Niederdruckzylinders einer $^4/_5$-gekuppelten Verbundgüterzuglokomotive der preußischen Staatsbahn.

Im Lokomotivbau sind hiernach eine Reihe ganz eigenartiger, die Entwurfsarbeiten beeinflussender Umstände zu berücksichtigen, die einleitend erwähnt werden mußten, um es verständlich zu machen, daß auf möglichst leichte Ausführbarkeit der Einzelteile und bequemen Zusammenbau nicht immer in dem Maße Rücksicht genommen werden kann, wie im allgemeinen Maschinenbau.

Um der Beschreibung der Herstellungsverfahren in den Abschnitten 1 bis 3 eine bestimmte Richtschnur zu geben, soll den Erörterungen die in Abb. 2a bis 2e dargestellte $^3/_5$-gekuppelte Personenzuglokomotive zugrunde gelegt werden.

Vollständigkeit kann weder hinsichtlich der zahlreichen verschiedenen Bauformen noch hinsichtlich der Herstellungsmöglichkeiten geboten werden. Vielmehr soll der Hauptsache nach nur der Werdegang der obenerwähnten Lokomotive beschrieben und eine Ausstattung der Fabrik mit bestimmten, näher bezeichneten Werkzeugmaschinen angenommen werden. Von abweichenden Bauarten und Herstellungsverfahren soll nur das Wichtigste durch eingeflochtene Bemerkungen erledigt werden.

Einige Gebiete, z. B. die Herstellung der Räder, sind von jeher in der Literatur mit einer gewissen Vorliebe behandelt worden und konnten deshalb hier etwas kürzer abgetan werden. In solchen Fällen sind Hinweise auf die betreffenden Veröffentlichungen gegeben.

1. Die Herstellung des Kessels und der Rauchkammer.

a) Baustoff, Formgebung und Bearbeitung der Bleche.

Als Baustoff kommt heute für Langkessel, Stehkesselmantel und vordere Rohrwand fast ausschließlich im Flammofen erzeugtes weiches Flußeisen in Betracht, obwohl es eine sorgfältigere Behandlung als Schweißeisen verlangt, und die Vermeidung der Blauwärme (350°) gewisse Vorsichtsmaßregeln bedingt. Für Feuerkisten vermochte in Europa das Flußeisen nicht das Kupfer zu verdrängen. Für die weiteren Ausführungen sollen also flußeiserne Kessel mit kupfernen Feuerkisten angenommen werden.

Die Flußeisenbleche sollen aus nicht zu niedrigen Blöcken gewalzt werden, damit das Material genügend oft bis zur Erzielung der gewünschten Blechstärke durch die Walzen gehen muß, so daß Blasen und dergleichen mit Sicherheit herausgewalzt werden. Webb empfiehlt, den Block mindestens vierundzwanzigmal stärker als das Blech zu wählen.

Die Bleche kommen in rechtwinklig zugeschnittener Form vom Walzwerk, und zwar für Stücke, die nicht gekümpelt werden sollen, also z. B. für Langkesselschüsse mit einem Zuschlag von etwa 2 × 5 mm in der Länge und von etwa 2 × 7 mm in der Breite des umschriebenen Rechteckes. Das Übermaß ist für die Kantenbearbeitung erforderlich. Es muß in der Breitenrichtung größer gewählt werden, weil an den

Längskanten eine Schräge für das Verstemmen angehobelt werden muß. Dabei ist angenommen, daß in der Längsnaht Laschennietung angewendet wird.

Erforderlichenfalls müssen die Bleche vor dem Vorreißen gerichtet werden. Da und dort geschieht dies noch in etwas ursprünglicher Weise auf der Richtplatte, indem das Blech erst mit Holz-, dann mit Eisenhämmern bearbeitet wird.

Statt des Richtens mit Hämmern kann hierzu die zum Biegen der Kesselschüsse dienende, mit Walzen arbeitende Blechbiegemaschine benutzt werden. Die Walzen werden so eingestellt, daß dem Blech beim ersten Durchgang eine schwache Krümmung erteilt wird, die beim zweiten Durchgang wieder herausgewalzt wird. Die Entfernung der Beulen gelingt noch besser, wenn man dem Blech nacheinander Krümmungen in entgegengesetztem Sinne erteilt und erst bei einem dritten Durchgang die ebene Form. Das Verfahren ist also zeitraubend.

Sehr viel schneller arbeiten Walzenstühle mit einer größeren Anzahl hintereinander liegender Walzen, die dem Blech bei einem Durchgang die erforderlichen Biegungen wechselnder Richtung in Wellenform erteilen. Sie werden im Abschnitt IV bei Besprechung des Spannens von Bekleidungsblechen für Personenwagen nochmals Erwähnung finden.

Die im Lokomotivbau vorkommenden Kesselblechstärken können kalt gerichtet werden.

Auf dem ebenen Blech ist der Umriß des abgewickelt gedachten Kesselschusses, Stehkesselmantelbleches oder dergleichen vorzureißen. Ist der Umriß genau rechtwinklig, wie dies für die zylindrischen Kesselschüsse zutrifft, so wird die Umrißlinie so gelegt, daß sich das oben erwähnte Übermaß als Streifen um die Umrißlinie herumzieht, so daß es sich gleichmäßig auf alle Kanten verteilt und alle Kanten bearbeitet werden müssen. Unzulässig ist es, die Umrißlinie mit einer Blechkante zusammenfallen zu lassen, da der Scherenschnitt, durch den diese im allgemeinen hergestellt wird, keine saubere Schnittfläche gibt, und das Material in seiner unmittelbaren Nähe durch die großen Scherkräfte unganz wird.

Ist der Umriß nicht rechtwinklig, so muß die rohe Umrißform zuerst aus dem rechteckigen Blech herausgelocht werden, um die weitere Bearbeitung auf der Blechkantenhobelmaschine zu ermöglichen. Auf dem rohen Blech wird daher außer dem genauen Umriß eine zweite weitere Umrißlinie für den Lochstempel angezeichnet. Es genügt, sie mit Kreide aufzutragen. Man gibt ihr einen Abstand von etwa 10 mm von der genauen Umrißlinie.

Abb. 3 läßt erkennen, wie nach diesen Gesichtspunkten das aus einem Stück gefertigte Stehkesselmantelblech einer kleinen Lokomotive vorzureißen ist. $ABCD$ ist das rohe Blech. Der Umriß wird so gelegt, daß auf die Länge GH das für die Behobelung der Kante erforderliche Übermaß von 7 mm stehen bleibt. $E\widehat{F}G$, $\widehat{H}JK$ und $\widehat{KE}$ werden vor der Kantenbearbeitung gelocht, während die Kanten GH ohne vorheriges Lochen bearbeitet werden.

Läßt sich das Walzwerk bereit finden, die Ecken AEF und DJK fortzuschneiden und vielleicht auch in den Richtungen FG und JH

geradlinige Scherenschnitte zu legen, so ist das insofern vorteilhaft, als sich die Beförderungskosten infolge des verkleinerten Gewichtes verringern.

Ähnlich zu behandeln sind kegelförmige Kesselschüsse, da ihre Abwicklungen bogenförmige Begrenzungen haben.

Für nicht zu kümpelnde Bleche folgt also auf das Auslochen, gegebenenfalls nach nochmaligem Richten, die Kantenbearbeitung auf der Blechkantenhobelmaschine. Die Blechkantenhobelmaschine ist mit je einem Stahl für den Hin- und Rückgang versehen. Es werden zwei bis drei grobe und ein Schlichtspan genommen. An denjenigen Kanten, die nach der Vernietung der Bleche verstemmt werden sollen, wird dem Stahl schon beim ersten Span die erforderliche Schrägstellung gegeben, so daß die Kante einen stumpfen Winkel mit der Blechoberfläche bildet.

Zuweilen verwendet man Blechkantenhobelmaschinen, die gleichzeitig Bearbeitung zweier im rechten oder einem beliebigen andern Winkel zueinander verlaufender Kanten erlauben. Abb. 4 zeigt den Grundriß einer solchen doppelten Blechkantenhobelmaschine nach den Ausführungen der „deutschen Nileswerke" in Niederschöneweide bei Berlin.

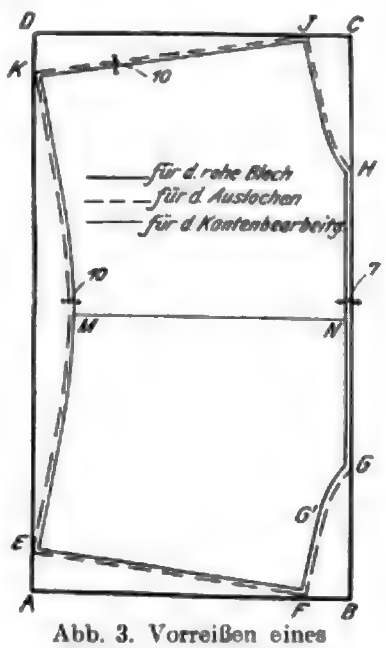


Abb. 3. Vorreißen eines Stehkesselmantelblechs.

Bogenförmige Kanten, wie sie bei dem Stehkesselmantelblech der Abb. 3 bei $\overline{KE}$ und bei den Abwicklungen kegelförmiger Kesselschüsse vorkommen, erfordern Vorschub des Werkzeuges nicht nur in der Richtung KE, sondern auch senkrecht dazu. Der letztgenannte Vorschub kann aber nur von Hand vorgenommen werden, weil er nach den Eigenschaften des Kreisbogens in verschiedenen Entfernungen von den Punkten K und E mit verschiedener Geschwindigkeit erfolgen muß. Hierin liegt eine nicht unwesentliche Erschwerung, da die Hobelmaschine nun ständig einen Mann zur Bedienung braucht.

Einzelne Stellen unregelmäßig begrenzter Bleche sind der Blechkantenhobelmaschine unzugänglich, z. B. die Kante des in Abb. 3 dargestellten Stehkesselmantelbleches von G bis G'. Die Bearbeitung muß hier von Hand durch Abkreuzen erfolgen, wobei gleichzeitig die Schräge für die Stemmkante herausgearbeitet wird. Die Kante ist mit der Feile zu glätten. Die Bearbeitung dieser Stelle muß vor der Behobelung der Kante FG' erfolgen, damit der Hobelstahl der Maschine bei G' auslaufen kann.

Statt der Blechkantenhobelmaschine verwendet man in seltenen Fällen auch wohl Fräsmaschinen.

Die vordere Rohrwand 1, die Stiefelknechtplatte 7, die Stehkesselrückwand 8, und zwar Rohrwand und Stehkesselrückwand sowohl in der Ausführungsform der Abb. 2 wie in der der Abb. 15 und 16, und der Domuntersatz 3 (Abb. 2) erhalten ihre endgültige Form nicht wie die vor-

besprochenen Schüsse und Mantelbleche durch Biegung, sondern durch Kümpelung. Dies bedingt gewisse Abweichungen bei den bisher behandelten vorbereitenden Arbeiten. Beim Auslochen der rohen Umrißform

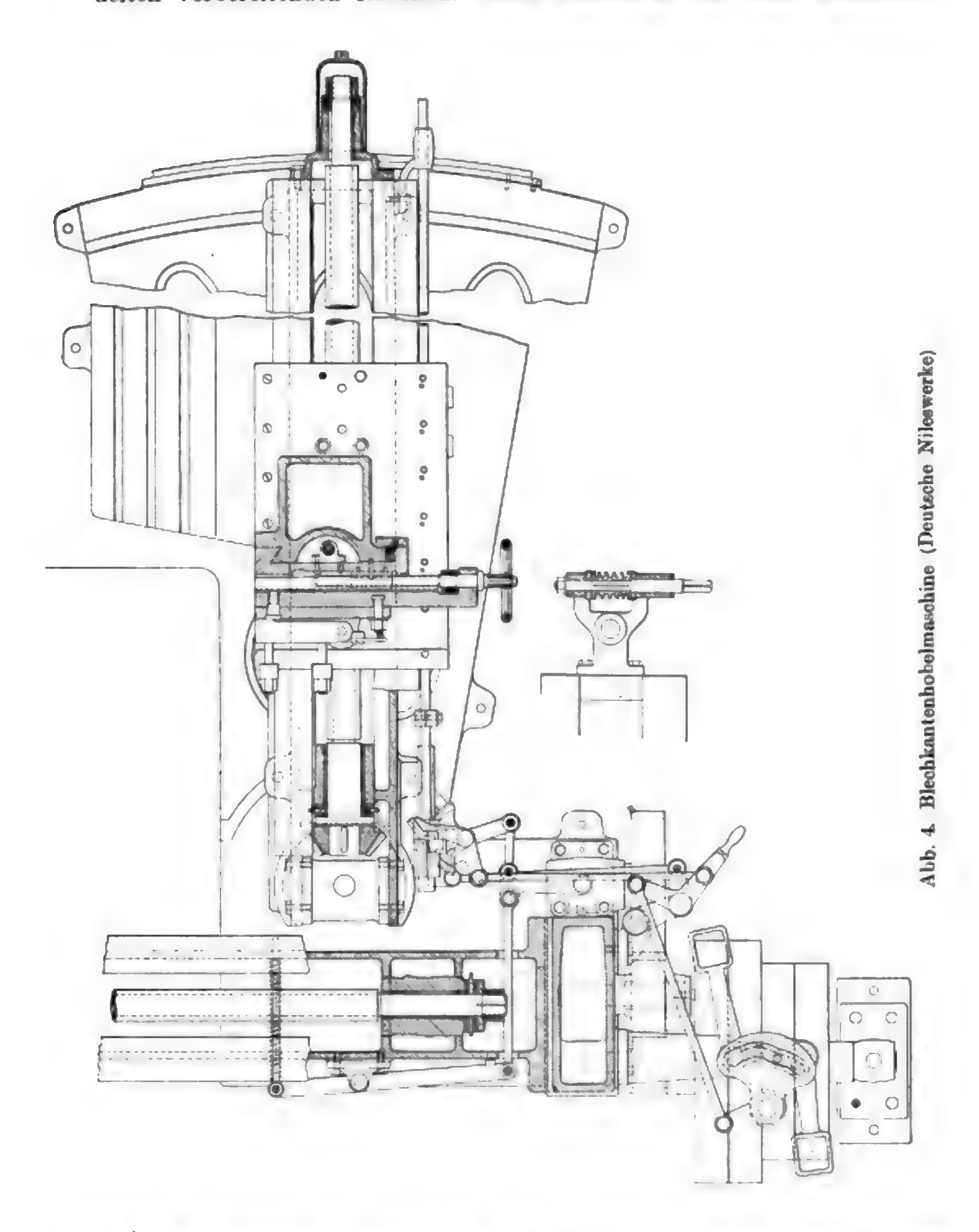


Abb. 4. Blechkantenhobelmaschine (Deutsche Nileswerke)

muß ein reichliches Übermaß von 12 bis 15 mm gegeben werden, weil sich die beim Kümpeln eintretenden Dehnungen nur ungenau schätzen lassen. Nur diese rohe Umrißform wird auf dem ebenen Blech vorgezeichnet. Der endgültige Kantenverlauf kann aus ähnlichen Gründen wie

den eben angegebenen erst am gekümpelten Blech angerissen werden. Dementsprechend muß die Formgebung durch Kümpelung der Kantenbearbeitung vorangehen.

Das Kümpeln erfolgt von Hand oder mit Wasserdruckpressen. Wird mit der Wasserdruckpresse gearbeitet, so werden die Bleche auf Rotwärme erhitzt. Das erste von mehreren nacheinander zu kümpelnden Blechen erwärme man etwas stärker, als die übrigen, weil die zunächst noch kalten Gesenke anfangs reichlich Wärme aufnehmen. Nach dem Niederdrücken des Preßstempels lasse man diesen einige Sekunden auf dem Arbeitsstück ruhen, damit sich die Spannungen im Blech verteilen. Jedoch empfiehlt es sich, den Druck hierbei soweit zu vermindern, daß die Patrize nur eben auf dem Preßstück festgehalten wird, und dieses gezwungen wird, seine Form trotz der in ihm hervorgerufenen Spannungen genau beizubehalten. Ein größerer Druck wirkt schädlich, weil er eine überflüssige Reibung der Gesenke gegen das Preßstück erzeugt, dessen kleinste Oberflächenteilchen durch diese Reibung verhindert werden, inneren Spannungen nachgebend und sie ausgleichend, Verschiebungen auszuführen.

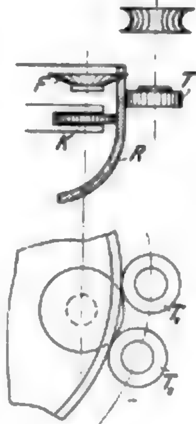


Abb. 5. Langbeinsche Stemmkantenfräsmaschine.

Ein nachträgliches Ausglühen gekümpelter Stücke wird von manchen Fabriken für sehr wesentlich gehalten. Andere sind der Ansicht, daß es genügt, die gekümpelten Platten langsam abkühlen zu lassen. Unbedingt notwendig ist das Ausglühen dann, wenn das gekümpelte Stück eine Schweißnaht hat. Dies trifft z. B. für den Domuntersatz 3 (Abb. 2) zu, falls er durch Zusammenbiegen eines Blechstreifens entstand, der geschweißt und dann gekümpelt wurde (vgl. später).

Die Kantenbearbeitung von Kümpelplatten erfolgt stets auf der Fräsmaschine, nachdem der Verlauf der anzufräsenden Kante auf der Reißplatte vorgerissen worden ist. Sehr beliebt ist für diesen Zweck die Langbeinsche Stemmkantenfräsmaschine, deren Wirkungsweise durch Abb. 5 dargestellt wird. Die Fräserspindel ist lotrecht angeordnet. Die Gesamtanordnung ist die gleiche, wie bei einer Auslegerbohrmaschine. Die Spindel hat also in wagerechter Ebene vollständige Bewegungsfreiheit. *R* ist der Rand des Stückes, dessen Kante von dem Fräser *F* bearbeitet werden soll. Die Rolle *K* ist zum Fräser einachsig angeordnet; sie hält diesen also in richtiger Entfernung vom Werkstück fest. T_1 und T_2 sind Reibungsrollen, die sich gegen das Werkstück legen und, von der Maschine angetrieben, sich selbst und gleichzeitig auch den Fräser am Kümpelrand entlang führen. Der Fräser ist kegelförmig; die Kante erhält auf diese Weise die für das Verstemmen erforderliche Neigung. Die Kanten werden also mit einem Span fertiggestellt.

In gewissen Fällen schneidet man, wie dies Abb. 6 für eine Stehkesselrückwand zeigt, mit dem Fräser nicht den ganzen Streifen *S* fort, sondern läßt ihn auf die Entfernung *ab* mit dem Blech in Zusammenhang, um Material zum Ausschmieden einer Zuschärfung *Z* an der Stelle zu haben, wo sich der untere Lappen der Überlappungsnietung von Türwand und Seitenwand zwischen die letztere und den Bodenring schiebt. Der Fräser

muß sich in diesem Falle also erst an beliebiger Stelle in das Blech hineinarbeiten, ehe er nach der einen oder anderen Richtung vorgeschoben wird. Ähnlich wird bei der Stiefelknechtplatte verfahren.

Die in Abb. 6 dargestellte Stehkesselrückwand zeigt ein sogenanntes Webbsches Türloch. Die kreisförmige Öffnung wird mit dem Messerfräser ausgeschnitten, für dessen Zentrierspitze zuvor in der Mitte ein Führungsloch gebohrt wird. Die Kümpelung des Randes und der Türöffnung werden dann gleichzeitig mit der Wasserdruckpresse vorgenommen.[1])

Wenn die Kanten gekümpelter Platten geschlossene Kreisform zeigen, so ist deren Bearbeitung durch Abdrehen auf der Planscheibe möglich. Dieser Fall trifft z. B. für die eben besprochene kreisförmige Türöffnung zu. Deren Kante wird daher, wie die Nebenfigur zur Abb. 6 zeigt, durch Abdrehen bearbeitet und nach *de* gebrochen.

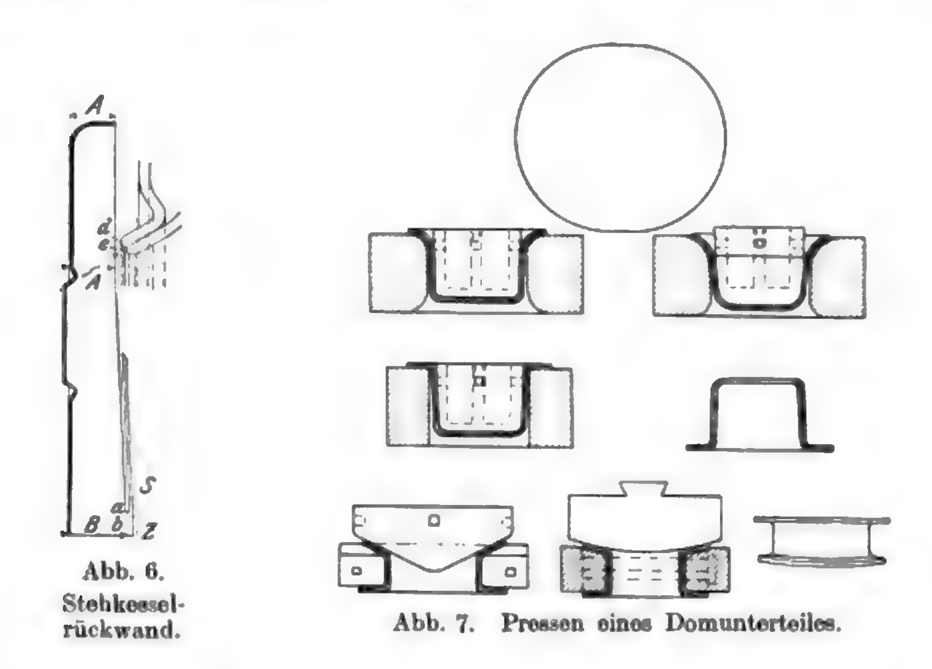


Abb. 6. Stehkessel-rückwand.

Abb. 7. Pressen eines Domunterteiles.

Ebenso wird die Stemmkante *s* der vorderen Rohrwand, wenn diese nach der in Abb. 15 dargestellten Bauart ausgeführt ist, auf der Planscheibe abgedreht. Gleichzeitig wird der Umfang *u* abgedreht, um sauberes Anliegen im Kesselschuß zu erzielen. Bekanntlich ist diese Form der Rohrwand wegen der Einfachheit dieser Bearbeitung heute fast die Regel.

Das Domunterteil 3 (Abb. 2) entsteht entweder, wie schon erwähnt, indem ein Blechstreifen von entsprechender Umrißform zum Zylinder zusammengebogen, geschweißt und dann gekümpelt wird, oder es wird ein durch Abb. 7[2]) erläutertes Verfahren angewendet.

Das Stück wird hierbei durch Pressen und Bördeln aus einer elliptischen Platte mit Umgehung jeder Schweißung hergestellt.

[1]) Näheres s. Hughes, The construction of the modern locomotive, London 1896, E. u. F. N. Spon.

[2]) Entnommen Richard, La chaudière locomotive et son outillage, Paris 1886, Ch. Dunod.

Digitized by Google

Die Stemmkante *s* des Domunterteiles (Abb. 2) erhält zweckmäßig kreisförmigen Grundriß. Dann ist die Bearbeitung auf der Planscheibe möglich. Daß dann infolge der sattelförmigen Gestalt des Flansches, mit dem sich der Domuntersatz auf den Langkessel aufsetzt, die Stemmkante an den Punkten *a* und *b* einerseits und *c* andererseits beim Abdrehen verschiedene Neigungen erhält, ist nicht von Bedeutung.

Einleitend wurde bemerkt, daß das Arbeitsverfahren der verschiedenen Lokomotivfabriken wesentliche Verschiedenheiten aufweist. Es gilt das in erster Linie von den jetzt zu besprechenden Arbeiten des Vorzeichnens und Bohrens der Nietlöcher.

Für die Herstellung der Nietlöcher gelten folgende Regeln: Die Löcher dürfen nicht in ebenen Blechen gebohrt werden, wenn diese nachher gebogen werden sollen, denn die Löcher stellen Unstetigkeiten im Blech dar, die dessen regelmäßige Biegung durch Störung der Spannungsverteilung beeinträchtigen. Zudem wird der Lochquerschnitt durch den Biegungsvorgang länglich. Freilich müssen, wie noch gezeigt werden wird, die Löcher ohnehin noch aufgerieben werden; im übrigen sind viele Fachleute der Ansicht, daß zum mindesten das Bohren einiger Heftlöcher im ebenen Blech unbedenklich sei.

Aus wirtschaftlichen Gründen und Gründen genauer Arbeit sollen die Löcher in den beiden oder mehreren zu vernietenden Teilen in einer Aufspannung gleichzeitig durchgebohrt werden. Zu diesem Zweck müssen die Bleche, falls sie nicht, wie z. B. zwei ineinander gesteckte Kesselschüsse, genügend sicher durch Reibung aneinander haften, miteinander verheftet werden. Die hierfür erforderlichen Heftlöcher müssen naturgemäß in jedem Blech einzeln gebohrt werden. Sie sind mit Untermaß herzustellen, damit sie nach Verheftung der Stücke auf genaues Maß nachgebohrt und so die Achsen ineinanderfallend gemacht werden können.

Nach Fertigstellung der Nietlöcher sind die Bleche zu trennen, um sie an der Berührungsfläche von Bohrgrat zu säubern, der sich zwischen sie drängt und ein Dichthalten der Naht verhindern würde.

Die Nietlöcher sind $^1/_2$ mm weiter zu bohren als der für sie bestimmte Nietschaft, damit sich dieser im heißen Zustand einbringen läßt. Am Rande sind sie zu versenken.

Die Mittellinien für die Nietreihen werden am bequemsten schon auf dem ebenen Blech vorgerissen, sofern diese schon an den Kanten bearbeitet vorliegen. Es trifft dies nach dem oben Mitgeteilten für diejenigen zu, die gebogen, nicht aber für die, die gekümpelt werden. Die Nietteilung hingegen trägt man besser erst am gebogenen Blech auf. Es wird sowohl der Mittelpunkt jedes Nietloches angekörnt, wie auch sein Umfangskreis. Dieser wird durch 4 gleichmäßig über ihn verteilte Körnermarken deutlich hervorgehoben, um ein genaues Einsetzen des Bohrers zu ermöglichen. Die Zeichnung soll nicht den Betrag der Teilung vorschreiben, der bei kreisbogenförmigen Nietenreihen doch nicht als runde Zahl im Umfang aufgehen würde und deshalb nicht in den Zirkel genommen werden könnte, sondern sie soll nur angeben, in wieviele gleiche Teile die Mittellinie der Nietreihe zwischen erstem und letzten Niet zu teilen ist. Diese Gleichteilung ist zwar am ebenen Blech und am gebogenen gleich leicht ausführbar. Es ergeben sich aber verschiedene Vorteile, wenn man sie erst nach der Biegung vornimmt: es ist alsdann nicht mehr zu befürchten,

daß die Körnermarken durch die Behandlung des Bleches auf den Biegewalzen unkenntlich werden; auch behalten die vorgerissenen Kreise ihre genaue Form und werden nicht länglich. Man kann endlich beispielsweise beim Vorzeichnen der Rundnaht eines Kesselschusses Rücksicht auf den Verlauf der Laschenkanten an der Längsnaht dort, wo diese die Rundnaht schneidet, nehmen, weil der gebogene Schuß alsbald in der Längsnaht mit der Lasche verheftet wird usw.

Vorstehend sind einige allgemeine Regeln gegeben, um Wiederholungen bei der Behandlung der Einzelteile zu vermeiden. Es sollen nunmehr die Kesselbauarbeiten in zeitlicher Reihenfolge besprochen werden.

Langkessel und Stehkessel werden bis zu dem Zeitpunkt, da sie miteinander verbunden werden können, je für sich hergestellt. Es sollen zuerst die Arbeiten am Langkessel geschildert werden.

b) Die Herstellung der Langkesselschüsse.

Die Schußbleche werden vorgezeichnet und an den Kanten bearbeitet (s. oben). Die Mittellinien der Nietreihen werden, wie Abb. 8 erkennen läßt, vorgerissen, jedoch für die Rundnaht, die weiteren und engeren Schuß miteinander verbindet, nur auf dem ersteren. Die Schüsse werden nämlich nachher ineinandergesteckt und haften durch Reibung so sicher ineinander, daß ein Verheften beider nicht erforderlich ist. Also brauchen im engeren Schuß auch keine Heftlöcher vorgebohrt zu werden, und das Vorreißen der zugehörigen Mittellinien kann entfallen. Dagegen ist die Rundnaht auf dem vorderen Ende des engeren Schusses vorgezeichnet, indem angenommen wurde, daß dieser die nach Abb. 15 ausgeführte Rohrwand aufnehmen soll. Auf dem Flansch der Rohrwand wird nicht vorgezeichnet, weil die Reibung am Flanschumfang genügt, um alle Nietlöcher nach der außen aufgetragenen Teilung ohne Heftung gleichzeitig durch Schußblech und Flansch durchzubohren. Dieser Fortfall der Heftlöcher bedeutet eine nicht unwesentliche Zeit- und Arbeitsersparnis.

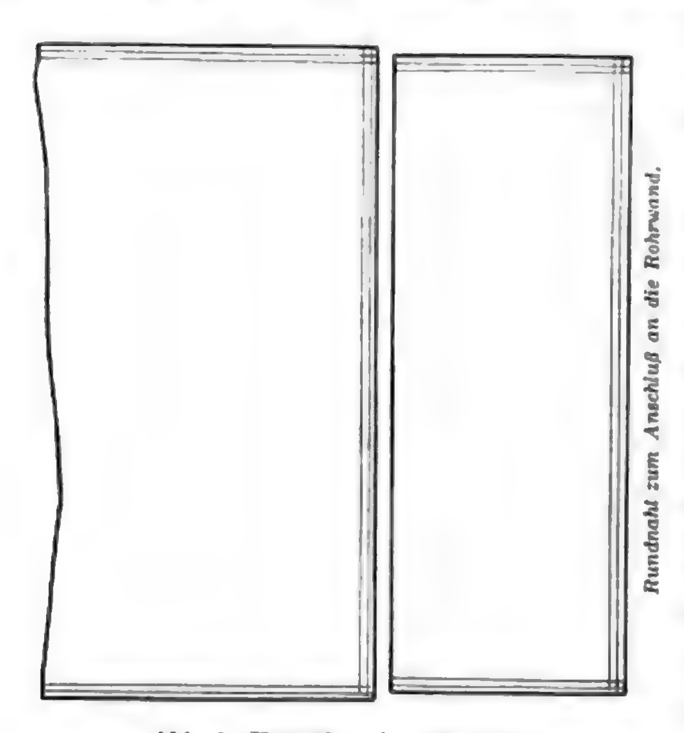


Abb. 8. Vorreißen der Nietreihen.

Die Mittellinien für die Nietreihen der Längsnähte müssen sowohl auf beiden Blechen wie auch auf den beiden zugehörigen Laschenpaaren vorgerissen werden, denn die Teile lassen sich später nach Biegung der Schüsse zum Bohren der Löcher durch Laschen und Blech hindurch nur mit Hilfe von Heftschrauben miteinander verbinden.

Das Biegen der Schußbleche erfolgt durch Biegewalzen, d. h. auf einem Walzenstuhl mit zwei unten liegenden angetriebenen und einer oben liegenden, in senkrechter Richtung verstellbaren Schleppwalze. Der Vorgang des Biegens findet nur solange statt, als das durch die Walzen geschickte Blech mit allen drei Walzen in Berührung ist. Daraus folgt, daß ein Blechstreifen am Anfang und Ende ungebogen bleiben würde. An diesen Stellen muß daher die Biegung vorweg erzeugt werden. Es geschieht das, indem man die Blechenden unter der Wasserdruckpresse kalt ins Gesenk drückt. Abb. 9 zeigt ein so vorbereitetes Blech. *r* muß selbstverständlich gleich dem Halbmesser des Kesselschusses sein. Das Blech geht fünf- bis sechsmal durch die Walzen, bis es zu einem geschlossenen Zylinder zusammengerollt ist. Diese Bearbeitung erfolgt im kalten Zustand.

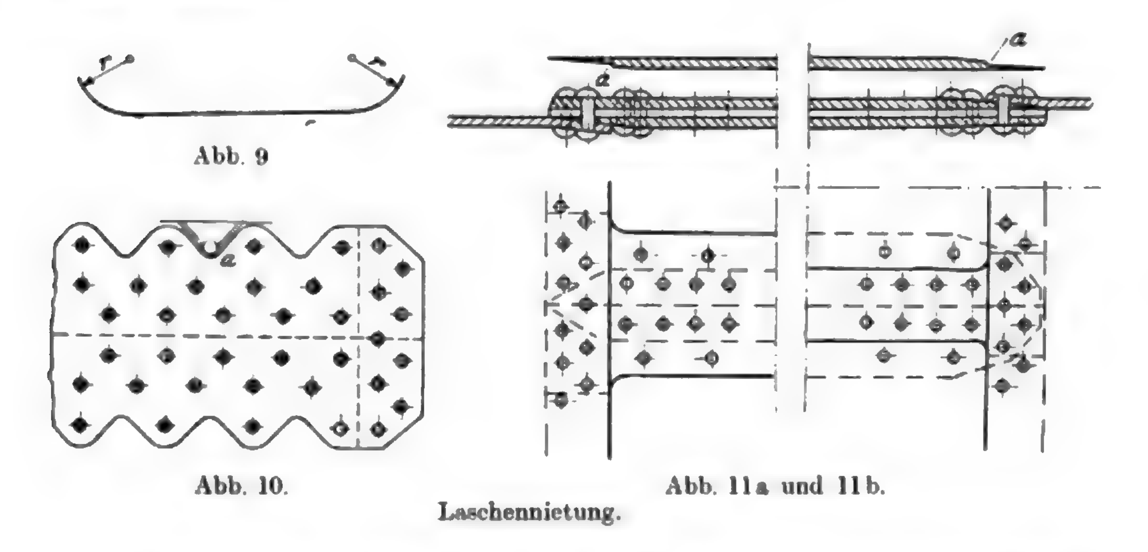


Abb. 9

Abb. 10. Abb. 11a und 11b.

Laschennietung.

Das Vorreißen der Laschen auf den mit entsprechendem Übermaß gelieferten Blechstreifen geschieht wie bei den Schußblechen. Die Kantenbearbeitung wird, wie bei jenen, meist auf der Blechkantenhobelmaschine vorgenommen, jedoch kann für Laschen wegen ihrer Handlichkeit auch die Bearbeitung der Kanten auf einer gewöhnlichen Fräsmaschine vorgenommen werden; es muß dann ein leicht kegelförmiger Fräser genommen werden, um der Kante die für das Verstemmen erforderliche Neigung zu geben. Die Laschenenden haben, wie Abb. 2 erkennen läßt, unregelmäßige Formen, und zwar laufen die Enden, sofern sie nicht zwischen die Überlappungsnaht gezogen sind, spitz zu (s. Abb. 2a am hinteren Ende des zweiten Schusses). An solchen Stellen müssen die Kanten, zum mindesten soweit sie gekrümmt sind, mit Kreuzmeißel und Feile bearbeitet werden.

Laschenformen, wie in Abb. 10 dargestellt, können in den hohlen Krümmungen bei *a* durch Abbohren vorgearbeitet werden. Dann wird in angedeuteter Weise ausgestoßen. Die Kantenbearbeitung macht Schwierigkeiten. Sie können mit Kopiervorrichtung gefräst werden, in welchem Falle zur Erzeugung der Stemmschräge ein kegelförmiger Fräser zu verwenden ist. Fehlen die erforderlichen Vorrichtungen, so muß von Hand mit Kreuzmeißel und Feile gearbeitet werden. Die Ausführung ist also teuer und umständlich.

Dasjenige Laschenende, das in der Rundnaht zwischen die beiden Kesselschüsse tritt, muß, wie Abb. 11 dies näher erläutert, scharf ausgezogen werden, um ein dampfdichtes Aneinanderschließen von Schußblechen und Lasche möglich zu machen. Es geschieht dies durch Ausschmieden nach einer Schablone. Der Vorgang wird bei Besprechung des Ausziehens der Blechecken nochmals berührt werden.

Die Krümmung nach dem Halbmesser des Kesselschusses erhalten die Laschen, indem man sie kalt ins Gesenk drückt.

Auf den Laschen werden die Mittellinien für die Nietreihen vorgezeichnet und auf diesen die Heftlöcher angekörnt. Desgleichen für die Heftlöcher in der Längsnaht des Schußblechs. Verwendet man, was aus Gründen der Zeitersparnis empfehlenswert ist, später für die Auftragung der endgültigen Nietteilung auf der Außenlasche eine Schablone, so wird man diese zweckmäßig auch zum Vorzeichnen der Heftlöcher benutzen. Es genügt, etwa jedes vierte oder fünfte Nietloch zuvor als Heftloch zu bohren. Die Heftlöcher erhalten 2 mm Untermaß gegenüber dem fertigen Nietloch.

Sind die Heftlöcher in den Blechen und Laschen gebohrt, so wird der Schuß in der Längsnaht mit den Laschen verheftet. Die Außenlasche wird mit Schlemmkreide oder einem ähnlichen Farbstoff gefärbt, und die genaue Nietteilung nach der obenerwähnten Schablone vorgerissen. Um die so erhaltenen Mittelpunkte werden Kreise mit dem Halbmesser des Nietloches geschlagen und auf seinem Umfang Körnermarken gemacht. Endlich werden sämtliche Nietlöcher, und zwar sogleich mit richtigem Durchmesser gebohrt und die Heftlöcher auf richtigen Durchmesser aufgerieben. Diese Arbeiten werden unter der Kranbohrmaschine[1]) vorgenommen.

Die Laschen werden zum Abgraten der Nietlöcher abgenommen und darauf wieder zur Vornahme der Nietung mit genau passenden Heftschrauben angeheftet. Der Schuß wird zum Nieten der Längsnaht der hydraulischen Nietmaschine zugeführt. Die Niete am Ende der Naht, die gleichzeitig der Rundnaht angehören, mit der Schuß mit Schuß, und Schuß mit Rohrwand verbunden werden, können natürlich noch nicht gesetzt werden. Für die Ausführung der Nietung gilt die Regel, die Bleche stets in unmittelbarster Nähe des zu setzenden Nietes zu verheften, um Auseinanderfedern der Bleche zu verhüten. Man neigt neuerdings vielfach der Ansicht zu, daß diese Heftschrauben ihren Zweck besser erfüllen, als die sogenannte Blechschlußkrone, die — ein Bestandteil des hydraulischen Nietapparates — die Bleche durch Wasserdruck aneinanderpreßt.

Man setzt z. B. in der Längsnaht zweckmäßig zuerst die Niete neben den Heftschrauben, fängt dann wieder an dem einen Ende der Naht an und setzt Niet neben Niet, jedesmal zwei Heftschrauben in die benachbarten Nietlöcher setzend.

In der Rundnaht ist, wie Abb. 11 zeigt, am engeren Schuß eine Einbeulung dort nötig, wo die innere Längslasche des weiteren Schusses

---

[1]) Es soll in dieser Arbeit unterschieden werden die „Kranbohrmaschine" mit einem Ausleger und an ihm verschiebbaren Support von der „Auslegerbohrmaschine" mit zwei durch ein Gelenk miteinander verbundenen Auslegern ohne Support.

über ihn weggreift, und am weiteren Schusse eine **Ausbeulung** dort, wo die äußere Längslasche des engeren Schusses unter ihn greift. Diese Beulen werden hervorgerufen, indem man die betreffenden Stellen erhitzt und mit Kehlhammer und Vorschlaghammer nach Schablone bearbeitet. Diese unschönen Aus- und Einbeulungen widersprechen dem technischen Formgefühl; sie fallen weniger auffallend aus, wenn man die Laschen am Ende bei *a* etwas absetzt (Abb. 11b). Ein ähnlicher Fall liegt für Rohrwand, vorderen Kesselschuß und Innenlasche vor, wenn jene nach der in Abb. 12 dargestellten Bauart ausgeführt ist. Die Innenlasche müßte zwischen Rohrwandflansch und Schußblech durchgreifen, damit die Verbindung nicht im Pfeilsinne dampflässig ist. Man kann nun die erwähnten unschönen Formen vermeiden, wenn man die Lasche vor der Rundnaht aufhören läßt und die Längsnaht, soweit sie auf diese Weise nicht mehr durch die Lasche gedeckt ist, schweißt. Die vordere Laschenkante ist in diesem Fall so weit zurückzurücken, daß sie für das Stemmwerkzeug zugänglich bleibt.

Die **Schweißung** erfolgt nach Abb. 13 entweder durch Einschweißen eines vierkantigen oder eines keilförmigen Stückes von der Länge der beabsichtigten Schweißung. Die letzte Art möge mit einigen Worten erläutert werden. Die Schweißung erfolgt natürlich vor dem endgültigen Bohren der Nietlöcher in der Längsnaht, da durch die Schweißhitze und die zugehörige Bearbeitung geringe Dehnungen usw. unvermeidlich sind. Die Schweißung wird also zweckmäßig vorgenommen, wenn die Heftlöcher gebohrt sind. Mit Hilfe dieser Heftlöcher und schmaler quer zur Naht laufender Laschen wird der Schuß am Auffedern verhindert. Besonders an der zu schweißenden Stelle sollen die Blechkanten scharf gegeneinander gezogen werden. Drum legt man zweckmäßig unmittelbar hinter der zu schweißenden Stelle noch ein Spannband um den Schuß herum. Der Schuß hängt im Drehkran, so daß er möglichst schnell vom Feuer zum Amboß bewegt werden kann. Dieser ist entweder hohl gestaltet, so daß er sich dem äußeren Umfang des Kessels anschmiegt, oder flach. Die letztere Form scheint von den Schmieden bevorzugt zu werden. Als Grund wird angegeben, daß auf dem flachen Amboß nur ein ganz schmaler Streifen an der Schweißstelle aufliege und die Schlagwirkung so allein auf diese vereinigt werde. Nach der ersten Hitze läßt man nur den Lappen *l* aufruhen und bearbeitet die umliegenden Teile mit Hämmern, so daß jener wie in Abb. 13 dargestellt, hochgebogen wird. Dann wird der Lappen *m* in ebenfalls dargestellter Weise schräg abgeschnitten, der schmale Keil *K* eingeschoben und das Ganze durch Niederhämmer von *l* geschlossen. Bei den Schweißhitzen wird die Naht innen mit Schamottsteinen abgedeckt, um die Hitze zusammenzuhalten. Die Schweißung wird in etwa drei Hitzen von hinten nach vorn fortschreitend fertiggestellt. Nach jeder Schweißung, die durch unmittelbare Hammerschläge bewirkt wird, wird

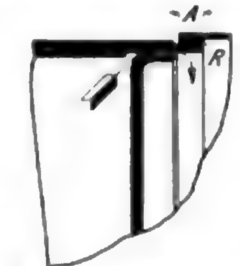


Abb. 12. Verbindung von Rohrwand, vorderem Kesselschuß und Lasche.

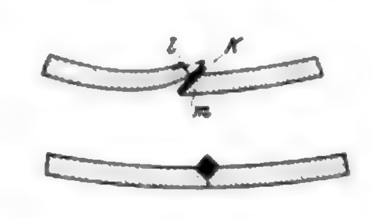


Abb. 13. Schweißen des vorderen Kesselschusses mittels eines Keilstückes.

die eben geschweißte Stelle mit Setz- und Vorschlaghammer gerichtet. Zum Schluß wird die ganze Naht nochmals erhitzt, wobei die Abdeckung fortfällt, weil es darauf ankommt, das Blech in etwas größerem Umkreis gleichmäßig zu erwärmen, um es darauf durch Nachrichten auf genaue Kreisform zu bringen. Geschweißte Stellen sind auszuglühen und langsam abzukühlen, um durch die harte Bearbeitung entstandene Spannungen zu beseitigen.

Die Schweißung gestaltet sich einfacher, wenn die Schüsse in der Längsnaht Überlappungsnaht haben. Die beiden Lappen werden dann einfach auf die gewünschte Länge miteinander verschweißt, ohne daß Einlegen eines Keil- oder Vierkantstückes erforderlich wäre. Für größere Lokomotivkessel führt man aber bekanntlich in den Längsnähten in Anbetracht der heute üblichen hohen Dampfspannungen Überlappungsnietung nicht gern mehr aus.

Wenn die Lasche zwischen Rohrwandflansch und Schuß durchgeführt wird, was merkwürdigerweise zuweilen auch dann geschieht, wenn die besprochene Schweißung vorgenommen ist, so muß der Rohrwandflansch, um für die Lasche Platz zu schaffen, eingearbeitet werden, denn ein Einbeulen ist nicht ausführbar, weil sich hierbei die ganze Rohrwand verziehen würde. Abb. 14 zeigt, wie die dergestalt bearbeitete Rohrwand aussieht. Der Teil *a* muß unter Kontrolle einer Schablone mit der Feile weggenommen werden.

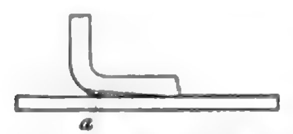


Abb. 14. Zurichten der Rohrwandflansche.

Eine wesentliche Vereinfachung der bisher besprochenen Arbeiten wird durch die Verwendung in der ganzen Längsnaht geschweißter Schüsse erzielt. Das Bohren der entsprechenden Nietlöcher, die Herstellung der Laschen, der Einbeulungen usw. fällt dann fort. Die Herstellung solcher Schüsse erfolgt zurzeit noch in Spezialfabriken.

c) Die Bearbeitung der vorderen Rohrwand.

Die vordere Rohrwand wird, wie erwähnt, durch Kümpelung und meist kreisförmig hergestellt. In Abb. 2 ist eine andere Form gewählt, um Platz zur Unterbringung eines Überhitzers zu gewinnen. Es werde zunächst die kreisrunde Form besprochen.

Auf dem rohen durch Kümpelung entstandenen Stück (Abb. 15) werden die Mittellinien *AB*, *CD* und *EF*, sowie die Bohrkreise für die zur Durchführung des Dampfeinströmungsrohres dienende Öffnung *O* angerissen. Mittels einer nach den Mittellinien *CD* und *EF* aufgelegten Schablone werden die Mittelpunkte für die zugehörigen Stiftschrauben angekörnt. Ebenso mittels einer nach den Mittellinien *AB* und *CD* eingestellten Schablone die Mittelpunkte der Nietlöcher zur Befestigung der Blechversteifung *B* und die Mittelpunkte aller Rohrlöcher. Um die Mittelpunkte werden Kreise geschlagen und durch vier auf den Umfang verteilte Körnerschläge hervorgehoben. Zuerst werden die Rohrlöcher gebohrt. Man verwendet hierzu meist Spezialmaschinen, die drei bis vier gleichzeitig arbeitende Spindeln tragen. Meist arbeiten diese mit einfachem Spiralbohrer, um das Vorbohren eines Führungsloches für die Zentrierspitze des Zentrumsbohrers zu sparen. Um dem Bohrer gleichwohl sichere Führung zu geben, verwendet man zuweilen besondere Bohrlehren, die

Digitized by Google

die Führungen für mehrere benachbarte Löcher in einem Stück und im vorgeschriebenen Abstand voneinander enthalten. Zuweilen werden die Löcher nach der Rauchkammerseite zu kegelförmig um 2 bis 5 mm aufgefräst, weil man auf diese Weise dem Heizrohr, das entsprechend kegelförmig aufgewalzt wird, einen besseren Halt in der Rohrwand geben zu können glaubt. In jedem Falle sind die Kanten innen und außen mit dem Krauskopf zu brechen, um ein Einarbeiten dieser Kanten in das Heizrohr, wenn dieses eingewalzt wird, zu vermeiden; dies Werkzeug wird von Hand oder besser maschinell angetrieben. Im letzteren Falle empfiehlt sich hierzu eine kleine Auslegerbohrmaschine[1]), weil sich bei dieser die Bewegung des Werkzeuges von einem Loch zum anderen am schnellsten bewirken läßt und der geforderte Genauigkeitsgrad kein sehr großer ist.

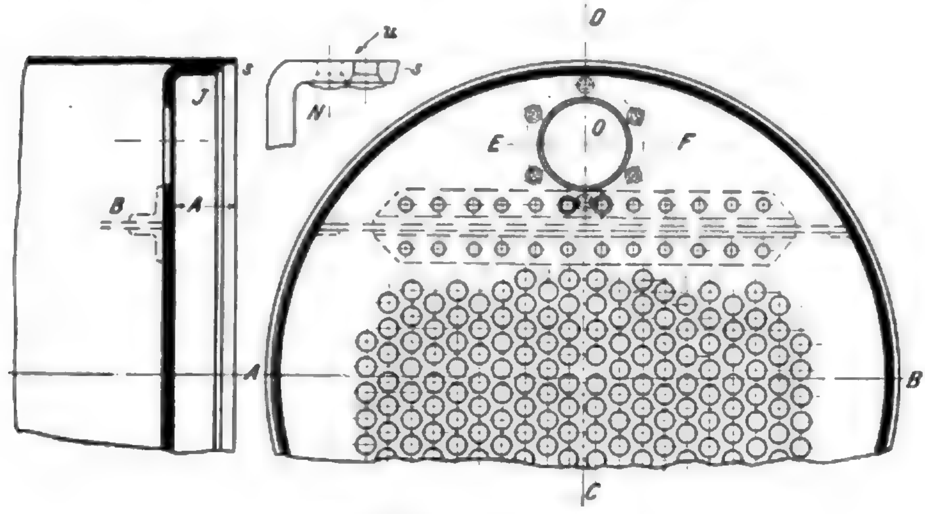


Abb. 15. Vordere Rohrwand.

Die Rohrlöcher müssen in eben besprochener Weise zuerst gebohrt werden, weil nämlich die Befestigung der Rohrwand zur weiteren Bearbeitung auf der Planscheibe nur mit Hilfe jener Rohrlöcher erfolgen kann. Über den Umfang dürfen nämlich keine Klammern oder dergleichen greifen, weil dieser selbst, wie sogleich zu beschreiben sein wird, abgedreht werden muß. Die Aufspannung auf der Planscheibe erfolgt so, daß der Schnittpunkt der Mittellinien *AB* und *CD* in die Drehachse fällt.

Auf der Planscheibe wird der Außenrand der Kümpelung auf den lichten Schußdurchmesser und die Vorderkante *s* schräg abgedreht, um als Stemmkante dienen zu können. Manche Werke drehen auch den Innenrand *J* des Rohrwandflansches ab, um diese Fläche, die durch den Vorgang des Kümpelns meist rauh und uneben geworden ist, zu glätten und so den Nietköpfen eine sichere Auflage zu geben. Auch läßt sich auf diese Weise erzielen, daß der Rand des Nietkopfes *N* nicht in die Kümpelkrümmung hineinragt, wodurch ebenfalls die Auflage des Kopfes verschlechtert und bedenkliche Nebenspannungen im Schaft hervorgerufen würden. Nach entsprechender Umspannung auf der Planscheibe wird die Öffnung *O* für das Dampfzuführungsrohr gebohrt und der Linsensitz für die Dichtungslinse kegelförmig vorgebohrt. Die endgültige Formgebung

[1]) vgl. die Fußbemerkung auf S. 124.

des Linsensitzes geschieht mit dem Fräser. Jedoch gilt es in diesem und allen ähnlichen Fällen als Regel, den Linsensitz erst möglichst spät nach Zusammenbau des Kessels unmittelbar vor Einbringung der Linse und des anschließenden Rohres fertig zu fräsen, weil sonst diese Fläche leicht bei der anderweitigen Bearbeitung des Werkstückes und seinem Transport durch die Werkstatt Schaden leiden würde.

Auf der Bohrmaschine werden die Löcher für die Stiftschrauben, die der Befestigung des anschließenden Flansches des Kreuzrohres dienen, gebohrt und ebenso die Nietlöcher für die Befestigung der Blechversteifung *B*, und zwar die letzteren als Heftlöcher, also mit etwas Untermaß. Der Grund hierfür ist aus dem über verwandte Fälle Gesagten ohne weiteres einleuchtend.

Die Rohrwand ist jetzt zum Einziehen in den vorderen Schuß fertig. Der Schuß ist, wie oben geschildert, in der Längsnaht bis auf die Endniete fertig genietet. Die Rohrwand wird mit einer ähnlichen Vorrichtung eingezogen, wie sie in Abb. 17 für das Ineinanderziehen der Schüsse dargestellt ist (vgl. später). Um die Arbeit zu erleichtern, wird vielfach der Rohrwandflansch mit Seifenwasser angefeuchtet. Da die Rohrwand zum Abgraten wieder herausgenommen wird, so daß der Flansch gereinigt werden kann, so ist dies Mittel unbedenklich. Weniger empfehlenswert ist es beim endgültigen Einbringen der Rohrwand. Ganz verwerflich ist bei dieser Gelegenheit die Verwendung von Öl, denn dieses kann durch keine Mittel zwischen den beiden aneinanderliegenden Flächen entfernt werden. In der Hitze, wenn der Kessel in Betrieb genommen ist, zersetzt es sich, Fettsäure bildend, die das Blech gerade an der gefährlichsten und der Überwachung wenig zugänglichen Stelle zerstört. Das Einziehen geschieht in der Weise, daß mit Bleihämmern an die Stellen des Schusses Schläge geführt werden, an denen die Rohrwand augenscheinlich Widerstand findet. Gleichzeitig mit jedem Hammerschlage werden die Spannschrauben nachgezogen. Maßgebend für die Tiefe, bis zu der die Rohrwand einzutreiben ist, ist das Maß *A* (siehe Abb. 15).

Die Mittellinien für die Nietreihen, die Rohrwand und Schuß miteinander verbinden sollen, sind wie erwähnt (siehe S. 122) schon vorhanden. Die Teilung wird aufgetragen und die Nietlöcher selbst vorgezeichnet. Zunächst werden, auf dem Umfang verteilt, nur etwa sechzehn Heftlöcher, jedoch gleich mit richtigem Durchmesser, gebohrt, um die Lage der Rohrwand durch Heftschrauben sichern zu können. Es geschieht das mit Luftdruckwerkzeugen. Die Herstellung der anderen Nietlöcher wird aufgeschoben, bis der Langkessel zusammengesetzt ist und alle Rundnähte gemeinschaftlich auf einer Spezialmaschine gebohrt werden können.

Wenn die Rohrwand vor den Langkessel gesetzt werden soll, wie in der Hauptfigur der Abb. 2 und bei vielen englischen Lokomotiven, so wird der Anschluß durch den Winkelring 2 gebildet. Dieser wird für sich auf der Planscheibe an den Flächen, mit denen er an Schuß und Rohrwand anliegt, und an den beiden Stemmkanten abgedreht. Es ist hierzu ein einmaliges Umspannen erforderlich. Ebenso muß die entsprechende Anlagefläche an der Rohrwand selbst etwas angedreht werden, da die Oberflächenbeschaffenheit der Kümpelplatte nicht Dichthalten der Verbindung gewährleisten würde. Wie Abb. 16 erkennen läßt, läßt man diese Fläche *F* keine Ebene, sondern einen ganz flachen Kegel bilden, so daß sie bei *a*

Digitized by Google

etwas in die Rohrwand einspringt. Die Erfahrung hat hierauf geführt. Der Grund ist darin zu suchen, daß der Winkelring durch das Aufnieten auf den Kesselschuß eine leichte Formänderung erfährt. Ebendrehen der Vorderfläche des Ringes, nachdem er auf den Schuß aufgezogen, ist aber natürlich in einfacher Weise nicht möglich.

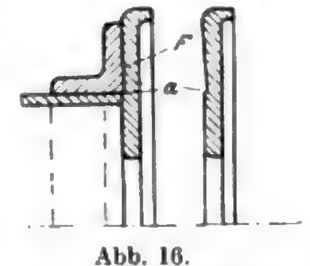


Abb. 16. Rohrwand mit Winkelring.

Um dem Winkelring eine gute Auflagefläche auch auf dem Kesselschuß zu geben, müßte auch dieser an seinem vorderen Umfang abgedreht werden. Das ist in einfacher Weise und auf gewöhnlichen Drehbänken nicht ausführbar, aber auch entbehrlich, weil man hier das Mittel der Schrumpfung zur Erzielung eines dichten Anschlusses zur Verfügung hat: der Ring wird warm aufgezogen.

d) Das Bohren der Rundnähte.

In ähnlicher Weise, wie die Rohrwand in den ersten Schuß, wird jetzt der erste in den zweiten Schuß hineingezogen. Das bestimmende Maß für die Tiefe, bis zu der der engere Schuß in den weiteren hineinzuziehen ist, ist die Breite der Überlappung A (Abb. 2a). An vier um 90° voneinander entfernten Punkten des engeren Schusses wird vom Rand aus A abgetragen und eine Körnermarke gemacht, bis zu der sich also die Stemmkante des weiteren Schusses vorschieben muß. Was über den Vorgang des Aufziehens, der durch Abb. 17 verdeutlicht wird, die Verwendung von Seifenwasser usw. bei der Rohrwand gesagt wurde, gilt auch hier. Ebenso müssen auch Heftlöcher gebohrt werden, um die beiden Schüsse vorläufig miteinander verbinden zu können. Diese Heftlöcher werden jedoch nicht mit dem endgültigen Durchmesser gebohrt, und die Heftschrauben müssen in den Löchern etwas Spiel haben, weil die Schüsse nach dem Verheften in sogleich zu beschreibender Weise gegeneinander ausgerichtet werden müssen, wobei die genaue gegenseitige Lage der Löcher in beiden Blechen verloren geht. Das Untermaß von etwa 2 mm gewährt die Möglichkeit, die Löcher nachträglich einachsig aufzubohren.

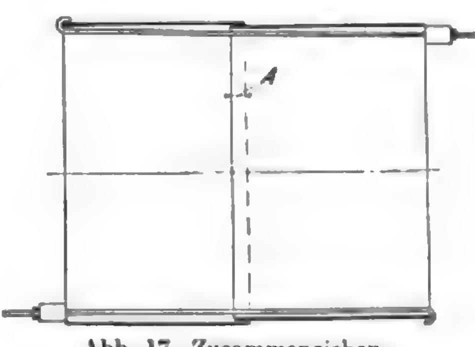


Abb. 17. Zusammenziehen von Kesselschüssen.

An dieser Stelle mag eingeschaltet werden, daß in Abb. 2 alle Maße, die sich im Verlauf dieser Ausführungen als maßgebend für den Zusammenbau ergeben, als große lateinische Buchstaben eingetragen sind. Ein solches ist das eben erwähnte Maß A für das Ineinanderziehen der Schüsse, und ebenso Maß A in Abb. 15 für das Zusammenziehen von Schuß und Rohrwand. Die Abb. 2 enthält daher eine Sammlung derjenigen Maße, die für die Werkstatt zum Zusammenbau unentbehrlich sind, und zwar sind alle diese Maße so bezogen, daß ihre Benutzung möglichst bequem ist. Bekanntlich werden in dieser Beziehung von Ungeübten am leichtesten Verstöße gemacht. Ein solcher wäre es z. B., wenn die Zeich-

nung statt des in Abb. 15 angegebenen Maßes A zur Bestimmung der Rohrwandlage den Abstand ihrer Innenseite etwa von der Dommittellinie — selbst angenommen, der Dom säße unmittelbar hinter der Rohrwand auf dem vorderen Schuß — angeben wollte. Während des Einziehens der Rohrwand und während der Schuß von außen mit Hammerschlägen bearbeitet wird, könnte innerhalb kein Maß genommen werden. Zudem ist die Dommittellinie im Innern gar nicht festzulegen, denn mit einem Lot kann nicht gearbeitet werden, weil der Kesselschuß ständig gedreht und durch Hammerschläge erschüttert wird. Endlich ist zu dieser Zeit der Domausschnitt noch gar nicht vorhanden. Zum Einhängen eines Lotes müßte erst ein Loch in der Mitte des künftigen Domausschnittes gebohrt werden usw.

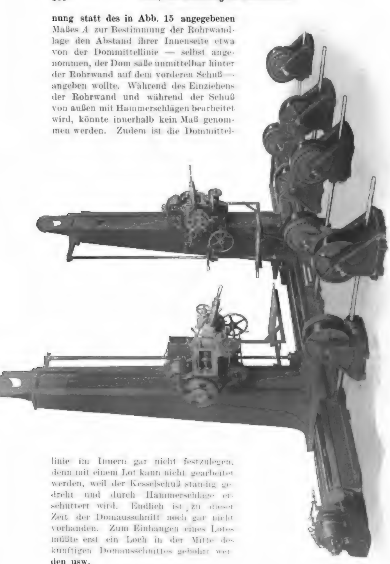


Abb. 18. Langkesselbohrmaschine (Werkzeugmaschinenfabrik Collet & Engelhard).

Digitized by Google

Die Wichtigkeit richtig ausgewählter Maße für den Zusammenbau und die Schädlichkeit falscher ist an einem etwas krassen Beispiel näher dargelegt worden, um auf die Bedeutung hinzuweisen, die die Kenntnis der Zusammenbauarbeiten für die Herstellung der zugehörigen Zeichnungen hat. Man beobachtet noch immer zu häufig, daß in der Werkstatt gerechnet werden muß, um aus den eingezeichneten Maßen diejenigen zu erhalten, die für den Zusammenbau wirklich brauchbar sind. Ähnliches gilt übrigens auch für das Vorreißen von Gußstücken zur Bearbeitung.

Die ineinandergezogenen Schüsse werden auf Rollböcke gelegt.

Um die Schüsse nun auszurichten, d. h. die Achsen beider ineinander fallen zu lassen, werden die Lager der Rollböcke so unterkeilt, daß zunächst ein Schuß genau wagerecht liegt, so daß eine Wasserwage auf seinem Scheitel einspielt. Sollen beide Achsen genau ineinander fallen, so muß eine auf den Scheitel des zweiten Schusses gelegte Wasserwage ebenfalls in vier um 90° gegeneinander verdrehten Lagen des Kessels einspielen. Das Richten erfolgt durch Hammerschläge. Ist dies bewerkstelligt, so werden die Rundnähte einschließlich derjenigen, die die Rohrwand mit dem vorderen Schuß verbindet, gebohrt.

Abb. 18 zeigt eine für diese Arbeit sehr zweckmäßig durchgebildete Bohrmaschine der Firma Collet & Engelhard. Wie die Abb. erkennen läßt, können gleichzeitig beide Rundnähte in Arbeit genommen werden. Die Supporte sind senkrecht verschiebbar, und die Bohrspindeln radial einstellbar, so daß eine bestimmte Anzahl von Löchern hintereinander ohne Drehung des Kessels hergestellt werden kann. Die darauf erforderliche Drehung des Kessels wird mittels des mitangedeuteten elektrischen Antriebes bewirkt.

Sämtliche Löcher werden gebohrt, aufgerieben und versenkt. Um jede Verschiebung der Schüsse gegeneinander bei dem jetzt vorzunehmenden Zusammenziehen von Lang- und Stehkessel unmöglich zu machen, werden die eben gebohrten Nähte durch eine Anzahl genau passender Heftschrauben verheftet.

An der Stemmkante des weiteren Schusses entlang wird auf dem engeren Schuß um diesen vollständig herumlaufend ein Riß angezeichnet und ebenso an der Stemmkante der Rohrwand entlang auf der Innenseite des zugehörigen Schusses. Diese Risse ermöglichen es, wenn später die Schüsse und die Rohrwand zum Abgraten der Nietlöcher auseinandergezogen werden, sie darauf ohne Wiederholung der Messungen wieder in die richtige gegenseitige Lage zu bringen.

Der Langkessel ist hiermit soweit fertiggestellt, daß er mit dem Stehkesselmantel zum Ausrichten und Bohren der Nietlöcher in der Kesselmaulnaht zusammengezogen werden kann. Es müssen daher zunächst die Arbeiten besprochen werden, die inzwischen am Stehkesselmantel vorgenommen wurden.

e) Die Herstellung der Stehkesselmantelbleche.

Der Stehkesselmantel setzt sich aus drei ihrem Bearbeitungsgange nach ganz verschiedenartigen Bestandteilen zusammen. Seitenwände und Decke bestehen aus einem oder drei Blechen, die durch Biegung mit Walzen ihre Form erhalten. Türwand und Stiefelknechtplatte entstehen auf der Kümpelpresse. Der Bodenring endlich stellt einen geschmie-

deten oder gegossenen auf Fräs-, Bohr- und Stoßmaschinen bearbeiteten Körper dar.

Stehkesselseitenwand und Decke werden heute nicht selten aus einem Stück gefertigt. Es entfallen dann zwei Überlappungsnähte (Abb. 2), und mit ihnen ein Anlaß zur Unstetigkeit in der Verteilung der Spannungen. Das ist vorteilhaft, weil die Beanspruchung des Mantelbleches infolge der durch die Stehbolzen und Queranker 17 ausgeübten Kräfte und seiner eigenen nicht eben einfachen Form eine recht verwickelte ist. In Abb. 3 ist das abgewickelte Blech dargestellt und dazu das Erforderliche über das Auslochen und die Bearbeitung seiner Kanten auf der Blechkantenhobelmaschine mitgeteilt. Hier ist nur nachzutragen, daß auf dem ebenen Blech außer dem Umfang auch die Scheitellinie MN angerissen wird. Nach dieser wird (vgl. S. 139) später der Bohrsattel zum Bohren der Deckenstehbolzenlöcher aufgelegt. Ist die Stehkesselrückwand, wie dies meist der Fall ist, lotrecht, nicht schräg angeordnet, so wird $\widehat{KE}$ zu einer Geraden. Es tritt also eine wesentliche Vereinfachung in der Bearbeitung ein. Noch mag darauf hingewiesen werden, daß der Verlauf der Kante GG' bei Kesseln herkömmlicher Bauart ein anderer zu sein pflegt, wie ein Blick auf die Seitenansicht des Kessels in Abb. 2 zeigt; aber auch in diesem Fall muß das betreffende Stück von Hand bearbeitet werden. Endlich ist in Abb. 19 als Abart des Stehkesselmantelbleches eine englische Ausführungsform gezeichnet, bei der die Abwicklung zum Rechteck und dementsprechend die Kantenbearbeitung und das Vorreißen hierzu außerordentlich vereinfacht wird, freilich auf Kosten des hinteren Langkesselschusses, der bei R einen rechteckigen Ausschnitt erhalten muß. Im ganzen genommen dürfte gleichwohl eine Vereinfachung hinsichtlich des Vorzeichnens und der Kantenbearbeitung gewonnen sein.

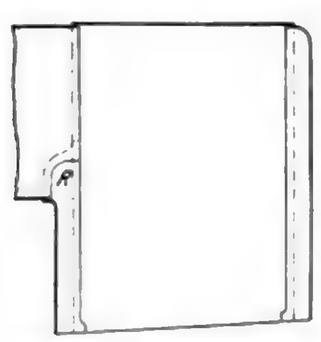


Abb. 19. Stehkesselmantel englischer Bauart.

Auf dem an den Kanten bearbeiteten Blech werden, um bei der Form der Abb. 3 zu bleiben, die Mittellinien für die Nietreihen und auf einem von sechs bis acht Mantelblechen die Stehbolzenlöcher vorgezeichnet. Diese sechs bis acht Bleche werden zu einem Paket vereinigt und darauf die Stehbolzenlöcher mit 2 mm Untermaß durchgebohrt. Es hängt von der Bauart des Stehkessels ab, ob sämtliche oder nur ein Teil der Stehbolzenlöcher im Paket zu bohren sind. Im letzteren Fall würde der Rest erst nach Zusammensetzung des Stehkessels gebohrt werden. Die Stehbolzenlöcher z. B., die bei dem Lokomotivkessel der Abb. 2d oberhalb der Rahmenoberkante zwischen b und c liegen, können ohne Bedenken im Paket gebohrt werden. Will man auch die Löcher für die hinter dem Rahmen liegenden Stehbolzen im Paket bohren, so ist große Vorsicht am Platze, denn es liegt die Gefahr vor, daß sich nach dem Einbau des Kessels in den Rahmen die in diesem vorgesehenen Löcher und die Stehbolzenköpfe nicht gegenüberliegen.

Sowohl die hinter dem Rahmen liegenden Stehbolzenlöcher, wie auch die zwischen b und c, liegen im ebenen Teil der Wand. Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob es zulässig ist, auch die Löcher in den

später zu biegenden Teilen, also bei *a* und oberhalb *c* schon im Paket zu bohren. Da der gegenseitige Abstand der Stehbolzenlöcher im Vergleich z. B. mit Nietlöchern, für die dieses Verfahren keineswegs zulässig wäre, ein verhältnismäßig großer und ihre Verteilung eine gleichmäßigere ist, so darf man diese Frage bejahen, zumal die Löcher mit Untermaß gebohrt werden.

Die Löcher dürfen noch aus einigen anderen Gründen nicht sogleich mit richtigem Durchmesser gebohrt werden. Die Fertigstellung der Löcher erfolgt nämlich erst nach Einbringung der Feuerkiste, indem durch die vorgebohrten Löcher im Mantel hindurch die in der Feuerkiste gebohrt werden, wobei gleichzeitig jene auf das richtige Maß aufgebohrt werden. Nur auf diese Weise kann einachsiger Verlauf beider erzielt werden. Ferner liegen die Achsen der im Paket gebohrten Löcher naturgemäß senkrecht zur Blechoberfläche und bleiben dies auch nach der Biegung. Am fertigen Kessel müssen aber mehrere Lochachsen geneigt zur Blechoberfläche verlaufen, z. B. in Abb. 2d die Achsen der Stehbolzen bei *a* und *b*. Endlich werden die Löcher in den gebogenen Teilen durch den Biegungsvorgang länglich.

Die Löcher in der Decke werden nicht im Paket gebohrt und auch nicht auf dem ebenen Blech vorgerissen. Bei diesen kommt es nämlich auf genaueste Innehaltung der durch Zeichnung vorgeschriebenen Lage an, weil die Löcher in Decke und Feuerkistendecke einzeln gebohrt werden müssen. Ein Durchbohren kann wegen der großen Entfernung der beiden Decken nicht vorgenommen werden, weil die Bohrspindel schlagen würde.

Nach dem Bohren der Stehbolzenlöcher wird das Mantelblech, wiederum Decke und Seitenwände aus einem Stück bestehend angenommen, auf Walzen gebogen. Das Verfahren ist ähnlich, wie oben beim Biegen der Schüsse beschrieben, mit den durch den Wechsel der Krümmungen bedingten Änderungen. Das Anpressen einer Anfangskrümmung entfällt, da ja die Blechenden gerade bleiben. Die Formgebung wird durch eine Lehre überwacht.

Wird die Decke durch ein besonderes Stück (Abb. 2d) gebildet, so wird diese wie ein Schußblech aus dem rohen Blech ausgelocht, an den Kanten gehobelt und unter den Walzen gebogen. Anpressen einer Anfangskrümmung fällt auch hier fort, denn der Anschluß an die Seitenwandbleche wird ja durch eine Überlappungsnaht gebildet; die Lappen *l* (Abb. 2d) müssen aber geradlinig bleiben. Diese Lappen müssen nach dem Walzen kalt gerichtet werden, wobei auf sorgfältige Schonung der Stemmkanten Bedacht zu nehmen ist.

Die Stücke, die die Seitenwand bilden, werden in diesem Falle je für sich ausgelocht, an den Kanten bearbeitet und gebogen. Die Überlappungsnaht von Seitenwand und Decke macht dann noch eine weitere Bearbeitung erforderlich. Dort nämlich, wo diese über die Kümpelung der Türwand greift, muß der unten liegende Lappen messerartig ausgezogen werden. Ebenso dort, wo die Naht über den anschließenden Langkesselschuß greift. Diese Stellen sind in Abb. 2b bei z_1 und z_2 ersichtlich. Es war früher und ist auch jetzt noch vielfach üblich, in solchen Fällen das Blech nach dem in Abb. 20a dargestellten Umriß auszulochen, um in dem Ansatz *A* genügend Material zur Herstellung der Zuschärfung zu haben. Die punktierten Linien deuten an, wie diese herausgebildet wird. Bei diesem Verfahren geht ein Blechstreifen von der Breite *b* als Abfall

verloren. Das Auslochen und die Bearbeitung der betreffenden Kante ist umständlich, denn bei L muß ein Loch vorgebohrt werden, weil die Krümmung an dieser Stelle für den Lochstempel unzugänglich ist. Ferner muß die Krümmung und ein Stück der geradlinigen Kante etwa bis zum Punkt C von Hand vorgearbeitet werden, damit der Stahl beim Hobeln der Kante auslaufen kann. Um diese Umständlichkeiten zu vermeiden, schmiedet man heute die Ecke lieber aus dem rechteckigen Blech nach Abb. 20b aus. Es wird zunächst mit dem Kehlhammer eine Einkehlung f hergestellt und der Lappen dann in punktiert angedeuteter Weise aus dem vollen Blech herausgeholt. Die Form wird mittels der mit angedeuteten Lehre überwacht. Daß bei dieser Arbeitsweise die Zuschärfung schwächer ausfällt, ist unbedenklich, sogar insofern vorteilhaft, als die Abweichung von der Kreisform an der betreffenden Stelle geringer wird. Ist die Zuschärfung ausgezogen, so wird sie mit dem Setzhammer geglättet, mit dem Meißelhammer auf rechtwinkligen Umriß abgeschnitten und endlich in rotwarmem Zustand mit der Feile geschlichtet. Auf Innehalten eines genauen Längenmaßes kommt es nicht an; wesentlicher ist die durch die Lehre vorgeschriebene Neigung. Wie schon zum Beginn dieses Kapitels erwähnt wurde, ist bei diesen und ähnlichen Arbeiten sorgfältig darauf zu achten, daß das Werkstück sich nicht unter Rotwärme abkühlt. Zur Erleichterung der Arbeit hängt das Blech, das nach dem geschilderten Bearbeitungsgang also schon gebogen ist, während der Erwärmung und des Ausziehens des Lappens im Kran.

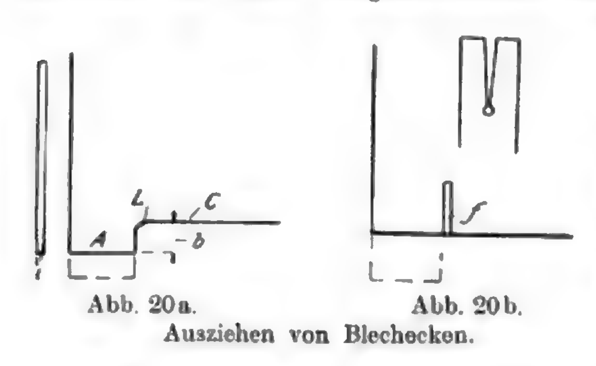


Abb. 20a. Abb. 20b.
Ausziehen von Blechecken.

Türwand und Stiefelknechtplatte erhalten ihre Form durch Kümpelung. Das Nähere ist auf S. 119 bereits bei der allgemeinen Besprechung des Kümpelverfahrens mitgeteilt worden. Von der Kümpelpresse gehen die Platten zur Reißplatte. Die Platten werden so auf diese gelegt, daß die im Sinne der Kümpelung nach außen gerichtete Fläche durch Abtasten parallel zur Reißplatte eingestellt wird. Parallel hierzu werden die Kanten dann mit dem Parallelreißer angerissen. Hieraus ergibt sich, daß das betreffende Maß auf jene Außenfläche bezogen werden muß, wie dies in Abb. 6 durch Maß A und B angegeben ist. Es sind hier zwei Maße erforderlich, weil Kante und Außenfläche nicht parallel sind.

Es folgt die Bearbeitung der Kanten auf der Langbeinschen Stemmkantenfräsmaschine. Da es sich in diesem Fall bequem machen läßt, bleibt ein Lappen zur Herstellung von Zuschärfungen dort, wo sich die Tür bzw. die Rückwand zwischen Bodenring und Seitenwand schieben, stehen (s. Abb. 6 bei Z und vgl. S. 119). Die Kanten des Türloches werden auf der Planscheibe abgedreht, falls dieses nach Webb ausgeführt werden soll. Die halbkreisförmige Stemmkante der Stiefelknechtplatte wird ebenfalls auf der Planscheibe abgedreht, wobei zwei gleichzeitig aufgespannt werden. Die oben besprochenen Überlappungen werden ausgezogen und ebenso die Überlappung z_3 an der Stiefelknechtplatte (Abb. 2b). Das Verfahren ist genau das gleiche, wie oben bei den Seitenwänden besprochen.

f) Die Herstellung des Bodenringes.

Der Baustoff für die Bodenringe ist Flußeisen. Die Herstellung erfolgt durch Schweißung oder als Formguß. Die erstere überwiegt, weil die Neigung gegossener Rahmen, sich infolge der Bearbeitung zu verziehen, gefürchtet wird. Gerade beim Bodenring kommt es aber auf genaueste Innehaltung der Form an, wenigstens dann, wenn, wie in Abb. 2, der Rost zwischen den Rahmenblechen liegt. Um in diesem Falle den Rost möglichst breit machen zu können, muß der Abstand zwischen den Stehbolzenköpfen und dem Rahmenblech nämlich äußerst knapp bemessen werden, z. B. in Abb. 2 nur 3 mm. Abweichungen der Grundrißlinie des Bodenringes von den vorgeschriebenen Maßen würden also zur Folge haben, daß sich der Kessel nicht in den Rahmen einbringen läßt.

Kleinere Ringe werden an zwei Stellen geschweißt, also z. B. bei a_1 und a_2 (Abb. 21), größere an drei Stellen, etwa bei b_1, b_2, b_3. Der Rohstoff, aus dem die einzelnen Teile hergestellt werden, ist Walzeisen von 120×150 mm für ein Fertigmaß von etwa 70×100 mm. Jene Abmessung ist eher größer als kleiner zu wählen, zumal wenn noch irgend welche Lappen auszuschmieden sind. Abb. 2a zeigt einen solchen Lappen z. B. als sogenanntes Schlingerstück 10 (vgl. S. 188). An dieser Stelle darf das rohe Stück natürlich nur auf die Gesamthöhe ausgeschmiedet werden. Abb. 23 zeigt einen Lappen, wie er häufig in den Eckrundungen des Bodenringes angebracht wird. Dieser Lappen wird schmaler als der Ring selbst gemacht; man erzielt auf diese Weise den Vorteil, daß die durch ihn hindurchgehenden Nieten genügend eng gesetzt werden können.

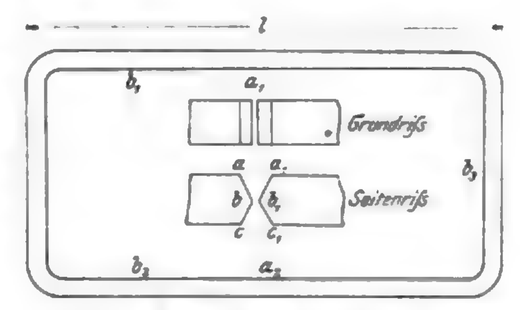


Abb. 21. Schweißen eines Bodenringes.

Bei voller Breite würden, wie der Verlauf der Mittellinien in der Abbildung zeigt, die Köpfe an der Innenseite keinen Platz nebeneinander haben. Diese Maßregel ist durch die Erfahrung geboten, daß die Naht zwischen Mantelblech und Bodenring an dieser Stelle eben wegen der sonst in zu großem Abstand sitzenden Nietköpfe leicht leck wird. An dieser Stelle ist das rohe Stück also auf $a \times b$ abzusetzen. Teil A wird ausgeschrotet. Die so vorbereiteten Stücke werden auf einer besonderen Vorrichtung gebogen. Durch den Biegungsvorgang tritt in der Krümmung eine Schwächung des Breitenmaßes ein. Diese ist unschädlich, ja sogar zweckmäßig, weil sich in den Krümmungen, wie bei der Blechbearbeitung eingehend besprochen, die zugeschärften Ecken des einen Bleches zwischen das andere und den Ring schieben. Die Ringstärke wird also zweckmäßig um die ungefähre Lappenstärke vermindert. Abb. 22 erläutert dies bei C. Es wäre also eine überflüssige Erschwerung für die Schmiedearbeit, wollte man durchgehend gleichbleibende Ringstärke vorschreiben. Soll die Grundrißform des Ringes die für Außenkümpelung der Türwand sein, wie sie Abb. 2c gibt, so muß das gerade Stück einen der Spitze Z entsprechenden Ansatz angeschmiedet erhalten (Nebenabb. zu 2c).

Die beiden Ringhälften, um bei dem Beispiel eines kleinen an zwei Stellen zu schweißenden Ringes zu bleiben, werden miteinander auf

Maß l verklammert (Abb. 21). Es muß genau darauf geachtet werden, daß die beiden Ringhälften in einer Ebene liegen. Zwischen den beiden Stücken soll keine Berührung stattfinden, damit die beiden Hälften durch die Erhitzung und die dadurch bewirkte Ausdehnung nicht auseinandergedrückt und Maß l verändert wird. Nach der ersten Hitze werden die Enden nach ab und $a_1 b_1$ zugespitzt. In den folgenden Hitzen wird ein Vierkanteisen eingeschweißt. Das Verfahren wird auf der Unterseite wiederholt, indem die Zuschärfungen cb und $c_1 b_1$ hergestellt werden. Ebenso wird auf der anderen Seite des Bodenringes verfahren. Häufig muß der Bodenring an einem Punkte in lotrechter Ebene gebogen werden, wenn nämlich das hintere Rostende über einer Achse liegt. Dieses wird dann wagerecht ausgeführt, während man das vordere Ende neigt, um eine genügende Höhe der untersten Heizrohrmündungen über dem Vorderende des Rostes zu erhalten (Abb. 22). Die Biegung wird in einem Gesenk erzeugt. Zum Schluß wird der Bodenring in einem Gesenk, das die Form des ganzen fertigen Bodenringes — selbstverständlich mit Berücksichtigung der für die Bearbeitung erforderlichen Übermaße — hat, gerichtet und geht dann zur mechanischen Werkstatt.

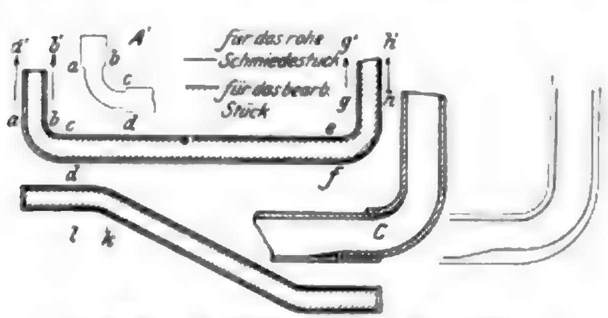


Abb. 22. Bearbeitung eines Bodenringes.

Auf der Reißplatte wird die genaue Grundrißform des Ringes vorgerissen. Die Grundrißform verläuft in den Eckrundungen, wie schon oben erwähnt, (Abb. 22 bei C) nach eigentümlich unregelmäßig gestalteten Linien, weil sie sich dem Verlauf der hier übereinander greifenden Bleche von Seitenwand und Türwand des Stehkessels wie auch der Feuerkiste anschmiegen muß. Nach dieser Rücksicht ist zu entwerfen und nicht etwa von einer regelmäßig nach Kreisbögen gerundeten Ecke des Bodenringes auszugehen. Die Grundrißform in den Ecken wird mit Schablone, die geradlinigen Begrenzungen werden mit dem Lineal vorgerissen.

Es folgt die Bearbeitung des Bodenringes.

Wenn nur die üblichen Fräsmaschinen und die üblichen Hobelmaschinen mit zwischen zwei Ständern bewegtem Tisch zur Verfügung stehen, so ist der Bearbeitungsgang der folgende: Zuerst werden die Eckrundungen ausgefräst, so daß die Ecke die in Abb. 22 unter A' angegebene Form annimmt, damit der Hobelstahl beim Hobeln der Längsseiten bei c und d auslaufen kann. Die kurzen Querseiten des Ringes können nicht auf der oben angegebenen Hobelmaschine bearbeitet werden, denn der Ring müßte in der Längsrichtung quer auf den Tisch gelegt werden. Hierzu fehlt es aber an Platz. Entweder werden die Flächen aa', bb', gg', hh' daher im Anschluß an das Ausfräsen der Eckrundungen ebenfalls gefräst, oder sie werden, falls man den häufigen Ersatz der teuren Fräser vermeiden will, gestoßen. Die Strecken ce, df werden gehobelt.

Steht eine sogenannte Einständerhobelmaschine zur Verfügung, so

kann der Bodenring auch quer zum Tisch gelegt werden, so daß dann auch nach aa' usw. gehobelt werden kann.

Die obere, später dem Kesselinnern zugewendete Ringseite wird nur mit der Feile geschruppt; die untere muß bearbeitet werden, um die richtige Höhe herauszubekommen. Ist der Ring an den Unterseiten eben, so wird er einfach gehobelt. Hat er eine gebrochene Form, wie in Abb. 22, so muß der schwarz dargestellte Teil von l bis k von Hand herausgekreuzt werden, damit der in der Längsrichtung des Ringes arbeitende Hobelstahl an diesen Punkten auslaufen kann. Entsprechend müssen die Abschnitte einzeln bearbeitet werden. Steht eine Einständerhobelmaschine zur Verfügung, so kann der Stahl quer zur Längsrichtung des Ringes arbeiten, und die eben aufgeführten Vorarbeiten von Hand und Umständlichkeiten entfallen.

Vielfach wird eine weitergehende Bearbeitung durch Fräsen bevorzugt. Man verwendet dann eine Bodenringdoppelfräsmaschine, die nach Art einer Zweiständerhobelmaschine gebaut, statt der Supporte mit den Bohrzwei solche mit Frässpindeln trägt. Die Innen- und Außenseiten werden dann ohne Umspannen fertig bearbeitet. Auch die Bodenflächen werden dann wohl mit dem Messerkopf gefräst.

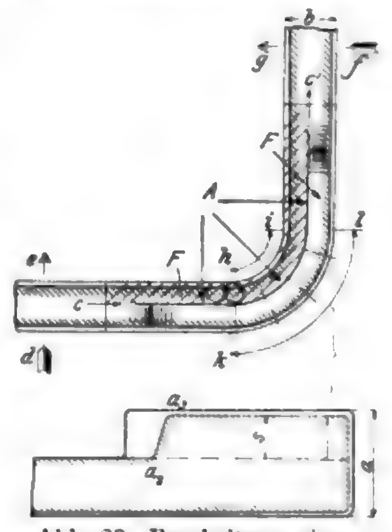


Abb. 23. Bearbeitung eines Bodenringes.

Einige Umständlichkeiten entstehen, wenn der Ring Lappen trägt, z. B. wie dies in Abb. 23 an den Eckrundungen zum besseren Setzen der Niete angenommen ist. Der schraffierte Teil A wird auf die Tiefe s fortgebohrt, wie dies die Bohrkreise andeuten. Hierauf wird ein Fräser in der Richtung cc' geführt, der die zugehörige zylindrische Fläche und den Ringboden an dieser Stelle glättet. In gleicher Weise wird die Bodenfläche F des Lappens selbst durch Fräsen geglättet. In den Richtungen de und fg wird quer über den Ring gehobelt, damit bei der späteren Bearbeitung der anschließenden Ringbodenflächen durch Längshobeln der Hobelstahl auslaufen kann. Gleichzeitig werden die Neigungen $a_2 a_3$ mit der Ausrundung bei a_2 angehobelt. Die Kante bei a_3 wird dann durch Handarbeit mit der Feile gerundet. Die Bearbeitung an der Innen- und Außenseite der Eckrundungen bei hi und kl erfolgt, wie zu Abb. 22 angegeben wurde.

g) Der Aufbau des Stehkesselmantels über dem Bodenring, das Bohren der Löcher für die Deckenstehbolzen, der Bodenringnietlöcher, der Lukenlöcher usw.

Über dem Bodenring wird der Stehkesselmantel aufgebaut. Türwand und Stiefelknechtplatte werden zuerst mit Schraubenzwingen an den Bodenring angeklammert und durch Flacheisen so gegeneinander versteift, daß ihre genaue gegenseitige Lage festgehalten wird. Bilden Seitenwände und Decke ein Stück, so wird dieses von der Stiefelknechtplatte

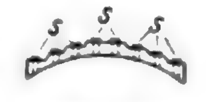
her über diese und die Türwand gestreift. Wird die Decke durch ein besonderes Stück gebildet, so muß dieses zuvor mit den Seitenwandstücken zu einem Ganzen verbunden werden. Im Deckenstück, dessen Lappen in der Überlappungsnaht oben liegt, wie Abb. 2 zeigt, werden sämtliche Nietlöcher als Heftlöcher, also mit etwa 2 mm Untermaß gebohrt, nachdem die Nietmittellinien angerissen und die Teilung aufgetragen wurde. Auf den Seitenwandstücken werden die Mittellinien ebenfalls vorgerissen, aber nur einige Heftlöcher vorgezeichnet, mit deren Hilfe die drei Stücke nun verheftet und über Stiefelknechtplatte und Türwand geschoben werden. Wegen der gebogenen federnden Form dieses Stückes haftet das Ganze zusammen, nachdem noch die Seitenwände unten an den Bodenring mit Schraubenzwingen festgeklammert worden sind. Es ist also nicht erforderlich, in den Nähten, die die Stiefelknechtplatte und die Türwand mit dem übergestreiften Stück verbinden, zuvor Heftlöcher zu bohren. Nachdem man sich überzeugt hat, daß alle Bleche die genau richtige Lage zueinander haben, werden in jenen Nähten Heftlöcher, und zwar sogleich mit richtigem Durchmesser durchgebohrt und Heftschrauben eingezogen. Durch Blech und Bodenring bohrt man keine Heftlöcher, weil sich ersteres gegen letzteren unter dem Einfluß der an anderen Stellen vorgenommenen Bearbeitung des Bohrens usw. zu stark streckt. Diese Streckungen würden durch Heftschrauben unter Umständen behindert werden, während die Schraubenzwingen nachgeben.

Besonders dort, wo sich ein Blech mit einem zugeschärften Lappen zwischen zwei andere Bleche oder zwischen ein anderes Blech und den Bodenring schiebt, müssen die Bleche noch aneinander angerichtet werden. Zu diesem Zweck werden die betreffenden Stellen von außen her durch Kokskörbe erhitzt, um dann mit Setz- und Vorschlaghammer bearbeitet werden zu können. In das sogenannte Kesselmaul, d. h. die kreisförmige vordere Öffnung des Stehkessels, das zur Aufnahme des Langkessels bestimmt ist, wird zuvor, um eine Unterlage für diese Bearbeitung an dem oberen Lappen z_3 der Stiefelknechtplatte zu schaffen, ein abgedrehter kreisförmiger Ring eingesetzt. Er dient gleichzeitig dazu, den ganzen Umfang des Kesselmaules auf genaue Kreisform auszurichten. Nachdem nochmals nachgeprüft ist, ob alle Bleche die richtige Lage zueinander haben, wird der Stehkessel für die weitere Bearbeitung, soweit dies nicht schon an den einzelnen Stücken vor dem Zusammenbau geschehen ist, vorgezeichnet. Es ist daran zu erinnern, daß ein großer Teil der Stehbolzenlöcher in den Seitenwänden, zum mindesten die, welche später oberhalb Rahmenoberkante liegen, bereits gebohrt sind. Vorgezeichnet ist bereits die Türwand, weil dies in bequemer Weise und genügend genau geschehen kann, wenn sie noch nicht eingeheftet ist. Nur die beiden unteren Seitenluken O_1 (Abb. 2c) sind noch nicht vorgerissen, weil es auf deren ganz genaue Lage zur Oberkante des Bodenringes ankommt. Es sind also an der Türwand bereits vorgezeichnet die anderen Lukenlöcher, die Stehbolzenlöcher, die Öffnungen für die Reglerwelle und die Armaturstutzen, endlich die Nietlöcher für Befestigung der Blechversteifung 12 und des senkrechten Versteifungswinkels 13. Alle Maße sind auf die lotrechte Mittellinie der Türwand zu beziehen, die deshalb zuerst angerissen wurde. Ausgenommen hiervon sind die Teile, auf deren genaueste Lage zur Randkümpelung es ankommt, also die unteren seitlichen Luken und die Nietlöcher für den

lotrechten Versteifungswinkel 13. Diese sind durch den Abstand vom Außenrand der Kümpelung festzulegen.

Jetzt, also am fertig zusammengesetzten Stehkessel werden weiter vorgezeichnet die quer zur Längsrichtung des Kessels laufenden Mittellinien der Deckenstehbolzenreihen. Weitere Maße sind für diese nicht erforderlich, weil der Bohrer später mittels Sattelstück (vgl. Abb. 24) geführt wird, so daß sich die richtigen Entfernungen der Löcher voneinander von selbst ergeben. Ferner werden vorgezeichnet die Stehbolzenlöcher in der Stiefelknechtplatte, die noch nicht gebohrten Stehbolzen in den Seitenwänden, die Luken in den Seitenwänden, die Nietlöcher für die Befestigung der senkrechten Versteifungswinkel 13 in den Seitenwänden, und, wie schon erwähnt, die unteren seitlichen Luken in der Türwand. Endlich werden jetzt sämtliche Nietmittellinien an den Nähten, die die Bleche miteinander und mit dem Bodenring bilden, vorgerissen und die genaue Teilung aufgetragen. Die Nähte, die die Seitenwandstücke mit der Decke verbinden, vorausgesetzt, daß diese ein besonderes Stück bildet, sind, wie aus oben angegebener Darstellung hervorgeht, schon vorgezeichnet und die Löcher sind zum Teil auch schon als Heftlöcher gebohrt.

Mit Ausnahme der Stehbolzenlöcher, die erst später, wenn die Kupferbuchse eingebracht ist, gleichzeitig durch Mantel und Feuerbuchse hindurchgebohrt werden, aber einschließlich der Deckenstehbolzen, werden die eben vorgezeichneten Löcher jetzt sämtlich gebohrt, und zwar in der Weise, daß eine Kranbohrmaschine, die durch Anbringung eines Gerüstes von entsprechender Höhe und dergleichen mehr hierfür besonders vorgerichtet ist, alle Türwände einer Gruppe gleichzeitig im Bau befindlicher Kessel bearbeitet, desgleichen eine zweite Kranbohrmaschine nur die Seitenwände und Decke.



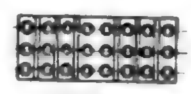


Abb. 24. Sattelstück zum Bohren der Löcher für die Deckenstehbolzen.

Abb. 24 zeigt das erwähnte Sattelstück, das der Bohrspindel beim Bohren der Löcher für die Deckenstehbolzen als Führung dient. Es enthält die Stahlbuchsen S und verhindert ein Ausweichen des Bohrers nach der Seite, der ja wegen der kreisrunden Form der Decke nicht rechtwinklig zu dieser arbeitet. Es vereinfacht, wie schon erwähnt, die Arbeit des Vorzeichnens, indem nur die querlaufenden Mittellinien der Lochreihen vorgerissen zu werden brauchen. Mittelpunktsmarken, die sich an den kurzen und langen Stirnflächen des Sattelstücks finden, sind auf jene Mittellinie und die Scheitellinie MN (Abb. 3) einzustellen. Bei flacher Stehkesseldecke, wie sie bei uns selten geworden, in Frankreich aber noch mit Vorliebe ausgeführt wird, ist das Sattelstück entbehrlich.

An der Stiefelknechtplatte wären, da Stehbolzenlöcher noch nicht gebohrt werden sollen, nur die Bodenringlöcher zu bohren. Um für diese verhältnismäßig geringfügige Arbeit den Stehkessel nicht noch zu einer dritten Kranbohrmaschine schaffen zu müssen, wird dies auf später verschoben (vgl. S. 148). Die anderen Bodenringnietlöcher an Seiten- und Türwand werden mit Untermaß gebohrt, um sie später, wenn die Feuerbuchse eingebracht ist, durch diese hindurch auf richtiges Maß aufbohren zu können. Ebenso werden die Nietlöcher zur Befestigung der wagerechten

Blechversteifung 12 und des senkrechten Versteifungswinkels 13 mit Untermaß gebohrt. Für den senkrechten Winkel ist das Untermaß sehr groß — etwa 17 gegen 26 — zu wählen, weil bei der eigentümlichen Form des Winkels Ungenauigkeiten bei Auftragen der Maße unvermeidlich sind. Die Öffnungen für die Reglerwelle, die Luken usw. werden natürlich mit dem endgültigen Maß hergestellt. Ebenso die Löcher für die Niete, die Türwand und Seitenwand, sowie die, welche diese mit der Stiefelknechtplatte verbinden. Die Heftlöcher, die Seitenwand und Decke verbinden, werden auf richtiges Maß aufgebohrt, nachdem die anderen Nietlöcher dieser Naht sogleich auf richtigen Durchmesser durchgebohrt und die Heftschrauben in diese umgesetzt sind. Alle Nietlöcher werden versenkt.

Der Stehkessel wird zum Abgraten und Reinigen der Überlappungsnähte auseinandergenommen, darauf wieder — jedoch ohne den Bodenring — zusammengesetzt und hydraulisch genietet. Wenn, wie in Abb. 2, die Feuerkiste in ihrem oberen Teil so breit ist, daß sie nicht von unten her eingebracht werden kann, so muß das Einnieten der Rückwand auf später verschoben werden. Bilden ferner Decke und Seitenwände ein Stück, so bleibt als einzige jetzt auszuführende Nietarbeit das Einnieten der Stiefelknechtplatte übrig.

h) Das Abschnüren des Kessels und das Bohren der Naht am Kesselmaul.

Hiermit ist der Stehkessel soweit fertiggestellt, daß er mit dem Langkessel zusammengezogen werden kann. Es geschieht dies mit

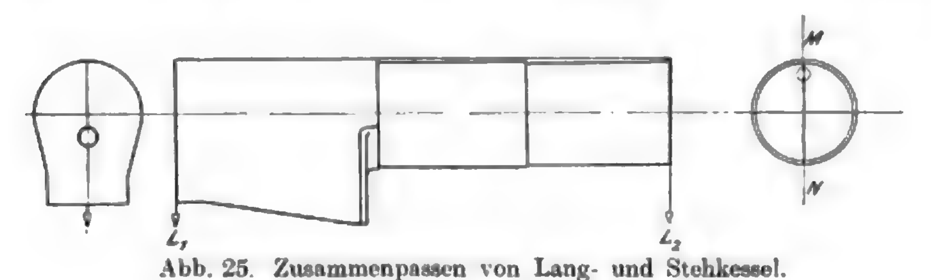


Abb. 25. Zusammenpassen von Lang- und Stehkessel.

der gleichen Vorrichtung, mit der auch die einzelnen Schüsse des Langkessels ineinandergezogen wurden (siehe Abb. 17). Das bestimmende Maß ist die Überlappungsbreite B in der Kesselmaulnaht (Abb. 2a), die durch Körnerschlag auf vier um 90° gegeneinander versetzten Punkten auf dem hintersten Langkesselschuß angemerkt wird. Außer Innehaltung dieses Maßes sind noch zwei weitere Forderungen zu erfüllen, nämlich: 1. Bei lotrechter Stellung des Stehkessels muß auch die Mittellinie MN der vorderen Rohrwand (Abb. 25) lotrecht stehen. 2. Die Längsachsen des Steh- und des Langkessels müssen eine gerade Linie bilden.

Wie die erste Forderung erfüllt wird, verdeutlicht Abb. 25. Der Langkessel wird von vornherein so in den Stehkessel hineingezogen, daß die erwähnte Forderung möglichst genau erfüllt ist. Die Lage der Längslaschen des Langkessels dient hierbei als Anhalt. Zur genauen Einstellung dienen die Lote L_1 und L_2, die die beiden Enden einer über den Kessel gelegten Schnur bilden. Der Stehkessel muß lotrecht stehen, so daß das Lot auf die lotrechte Mittellinie der Türwand einspielt; der Langkessel wird so lange gedreht, bis das vordere Lot auf die lotrechte Mittellinie der

Digitized by Google

vorderen Rohrwand einspielt. Ist dies erreicht, so wird an der Schnur entlang auf dem Rücken des Steh- und Langkessels die später mehrfach zu benutzende Scheitellinie angerissen.

Die zweite Forderung wird durch das Abschnüren des Kessels erfüllt. Die zugehörigen, jetzt zu beschreibenden Arbeiten müssen mit größter Sorgfalt vorgenommen werden, da andernfalls die größten Schwierigkeiten beim Einbau des Kessels in den Rahmen unausbleiblich sind.

Der Kessel wird so aufgestellt (Abb. 26), daß die Lote L_1 und L_2 am vorderen und hinteren Kesselende auf die lotrechten Mittellinien von Rohrwand und Türwand einspielen. Auf den Kesselscheitel werden Wasserwagen W in der Längsrichtung gelegt, die auf Steh- und Langkessel gleichmäßig einspielen müssen. Am vorderen und hinteren Ende werden Lineale Q_1, Q_2 quer in einem Abstande m unter den Mittelpunktskörnermarken — an den Loten L_1 und L_2 herunter gemessen — gelegt, und zwar so, daß die Lote auf Einkerbungen in der Mitte dieser Lineale einspielen. m ist der durch die Zeichnung vorgeschriebene lotrechte Abstand von Rahmenoberkante und Kesselachse. Die Lineale tragen an ihren Außenenden je zwei weitere Einkerbungen im Abstande $\frac{s}{2}$ von der Mittelkerbe. s ist der Abstand der Rahmeninnenflächen voneinander. Legt man also in diese Einkerbungen zwei Schnüre S, so stellen diese, parallel zur Kesselachse verlaufend, die Rahmenoberkanten im hinteren Verlauf des Rahmenbleches dar. Wie Abb. 2 zeigt, geht die Rahmenoberkante im allgemeinen nicht als Gerade durch, sondern meist ist eine Stufe eingeschaltet, so daß sie vorn höher liegt. Über den Stehkesselmantel und die einzelnen Kesselschüsse werden Lote T_1, T_2, T_3 gelegt. Die rechts und links herabhängende Schnur des einzelnen Lotes muß von der Schnur S gleichweit entfernt sein. Besonders wichtig für zwangloses Einbringen des Kessels in den Rahmen ist, daß dies für T_1 zutrifft, daß also $e_l = e_r$. Die Abstände der verschiedenen Lote von der Schnur S sind natürlich wegen des wechselnden Durchmessers der Schüsse verschieden. Lang- und Stehkessel werden durch Hammerschläge so gegeneinander ausgerichtet, daß alle vorstehend aufgeführten Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind.

Abb. 26. Das Abschnüren des Kessels.

Es folgt sogleich an Ort und Stelle das Vorreißen der Kesselmittellinie $M_1 M_2$ an beiden Seitenflächen des Kessels, die zuvor geweißt werden. Von der Schnur S wird zu dem Zweck Maß m an den einzelnen Loten nach oben abgetragen. Die so gefundenen Punkte werden durch eine Gerade verbunden und diese Gerade wird durch Körnermarken deutlich hervorgehoben. In gleicher Weise ist an den Stehkesselseitenwänden die Unterkante $U_1 U_2$ der Stehkesselträger 21, 22 (Abb. 2) vorzureißen; sie liegen um die Stärke C der Futterstücke 22 über der Rahmenoberkante. Endlich werden die Mittellinien $N_1 N_2$, $N_3 N_4$ für die großen Seitenluken in gleicher Weise vorgerissen. Die senkrechten Mittellinien $P_1 P_2$, $P_3 P_4$ dieser Lukenöffnungen werden am besten auf die zunächst gelegenen Blechkanten bezogen und parallel zu diesen im vorgeschriebenen Abstand D_1 und D_2 (Abb. 2 und 26) vorgerissen. Auf diese Mittellinien wird eine Schablone gelegt, die den Umriß der Lukenwarzen 23 (Abb. 2) wiedergibt. Am Rande dieser Schablone sind die wagerechten und senkrechten Mittellinien der Lukenöffnung angemerkt. Legt man also die Schablone so, daß diese Marken mit den am Kessel vorgerissenen Mittellinien zusammenfallen, so gibt die Schablone die Lage des später aufzubringenden Stückes genau wieder. Nach der Schablone wird der Umriß vorgerissen, so daß man die Lukenwarze nachher nach diesem Riß auflegen kann. Die Schablone enthält ferner als kleine Löcher die Mittelpunkte aller Löcher für die Befestigungsniete und die Queranker 17. Die Mittelpunkte werden durchgekörnt. Die Schablone wird fortgenommen und es werden mit dem Ringkörner nach jenen Mittelpunkten die Lochkreise selbst angemerkt. Endlich wird der Schnittpunkt der N und P Linien als maßgebend für die Herstellung des Lukenloches durch Körnerschlag hervorgehoben. Ebenso wird für die Ankerwarzen 24 vorgezeichnet.

Es bedarf kaum besonderer Erwähnung, daß man die Lote T um die erforderlichen Maße abzutragen, mehrfach wird verschieben müssen. Das Messen an diesen Loten ist nicht eben bequem und es können sich leicht Fehlerquellen bilden. In manchen Fabriken arbeitet man daher mit einem sogenannten Montagerahmen. An Stelle der Schnüre S treten dann Rahmenbleche, an die sich nach außen hin eine schmale wagerechte Richtplatte anschließt, deren Ebene also in der Ebene der Rahmenoberkanten liegt. Alle Linien, die parallel zu diesen anzureißen sind, können also in genauester Weise mit dem Parallelreißer aufgetragen werden.

Das eben geschilderte Verfahren zeigt, daß eine größere Anzahl wichtiger Maße zweckmäßig auf Rahmenoberkante zu beziehen sind. Von diesen Maßen sind die besprochenen C, E und F nach den auf S. 129 entwickelten Grundsätzen in Abb. 2 besonders kenntlich gemacht.

Der Kessel ist somit zum Bohren der Nietlöcher am Kesselmaul fertiggestellt. Es wäre jedoch zu befürchten, daß sich Steh- und Langkessel bei der Beförderung zur Bohrmaschine in der Kesselmaulnaht etwas gegeneinander verschieben könnten. Darum werden sogleich an Ort und Stelle mit Preßluftwerkzeugen einige Heftlöcher durchgebohrt und mit genau passenden Heftschrauben geschlossen. Der Kessel geht zur Bohrmaschine.

Hier werden sämtliche Nietlöcher der Kesselmaulnaht mit richtigem Durchmesser hergestellt, und die Heftlöcher auf richtigen Durchmesser

aufgebohrt. Sämtliche Nietlöcher werden versenkt. Unter der gleichen Bohrmaschine werden die großen Seitenlukenlöcher, die zu den Warzen 23 gehören, und die zu diesen gehörigen Nietlöcher gebohrt. Ein Führungsloch muß vorgebohrt werden, um das Lukenloch dann mit dem Messerbohrer herausschneiden zu können. Ferner werden die Löcher für die Queranker 17 gebohrt.

Steh- und Langkessel werden zum Reinigen und Abgraten der Kesselmaulnaht wieder auseinandergezogen. Sie bleiben vor der Hand auch getrennt, weil die weiteren Arbeiten zweckmäßiger an den beiden Teilen je für sich fortgeführt werden. Es sollen zunächst die weiteren Arbeiten am Langkessel besprochen werden.

i) Der Einbau der Versteifungen in den Langkessel, seine Vernietung und der Anbau des Domuntersatzes.

Die Schüsse werden zum Abgraten auseinandergezogen. Bevor auch die Rohrwand zum gleichen Zwecke herausgenommen wird, wird die Blechversteifung 15 (Abb. 2) in folgender Weise angezeichnet. Sie ist für sich fertiggestellt. Die Winkel w_1 sind mit dem Blech B vernietet. In den Schenkeln dieser Winkel, mit denen sie sich an die Rohrwand anlegen, sind die Nietlöcher für die Befestigungsniete gebohrt. S. 128 wurde erwähnt, daß die entsprechenden Löcher auch in der Rohrwand schon gebohrt sind. Da diese Löcher in der Rohrwand und in den Winkeln mit gleichen Schablonen angezeichnet sind, so liegen sie sich genau gegenüber; immerhin bohrt man sie mit geringem Untermaß, um sie einachsig aufreiben zu können. In den Winkeln w_2 sind alle Nietlöcher zum Anschluß am Blech B, wie am Schußblech gebohrt. In diesem, wie im Blech B fehlen jedoch die Löcher noch; die Winkel sind also noch mit keinem von beiden verbunden. Blech B wird mittels der Winkel w_1 durch Heftschrauben mit der Rohrwand verheftet. Darauf werden die Winkel w_2 auf dem Blech B gegen die Langkesselwand geschoben und es wird das vorderste und das hinterste Nietloch des wagerechten, sowie des senkrechten Schenkels mit Stift- oder Kreiskörner auf dem Blech B und an der Langkesselwand angekörnt. Die Blechversteifung wird wieder ausgeheftet und die eben auf Blech B angekörnten beiden Heftlöcher werden gebohrt; dann werden die Winkel w_2 mit Hilfe dieser Heftlöcher an das Blech B angeheftet und endlich werden nach den im Winkel schon vorhandenen Löchern alle übrigen durch das Blech durchgebohrt. Winkel und Blech werden miteinander vernietet. Im Langkessel werden die angekörnten Heftlöcher mit Luftdruckwerkzeug gebohrt. Die Blechversteifung wird nach Annietung der Winkel w_2 wieder in den Kessel eingebracht und mittels der zwei in den senkrechten Schenkeln der Winkel w_2 und im Langkesselschuß gebohrten Heftlöcher mit diesem verheftet. Die Rohrwand ist inzwischen zum Abgraten herausgenommen. Dann werden von innen her alle Löcher nach denen im Winkel schon vorhandenen durch das Schußblech durchgebohrt und die Heftlöcher nach Umsetzung der Heftschrauben aufgerieben. Die Winkel müssen genau anliegen; finden sich Mängel, so müssen sie angewärmt und mit Hammerschlägen angerichtet werden. Bei jedem Hammerschlag sind die Heftschrauben, die an der betreffenden Stelle einzuziehen sind, nachzuziehen. Endlich wird die Blechversteifung mit dem Langkessel vernietet.

Die Nietlöcher der Rundnähte werden abgegratet und ihre Überlappungsflächen mit Sandstein gereinigt. Das Überlappungsende des weiteren Schusses wird handwarm gemacht, so daß sich der engere Schuß bequem mit der mehrfach erwähnten Vorrichtung (Abb. 17) wieder einziehen läßt. Der auf seinem Umfang seinerzeit angebrachte Riß dient hierbei als Marke (vgl. S. 131). Nietloch muß genau auf Nietloch passen. Um dies zu erreichen, werden Dorne durch die Nietlöcher getrieben, die deren Durchmesser haben und sie also zur Deckung bringen, indem sie Schuß gegen Schuß in der Längsachse ein wenig verdrehen. Keinesfalls darf der Durchmesser des Dornes größer als der des Nietloches sein, denn dies würde ein unstatthaftes Aufdornen des Nietloches zur Folge haben. Beide Schüsse werden miteinander hydraulisch vernietet. Die Rundnaht soll während des Nietens an vier gleichmäßig auf den Umfang verteilten Stellen verheftet sein, um Streckungen des Bleches unter dem Einfluß des Nietdruckes unschädlich zu machen. Hinsichtlich Einziehens von Heftschrauben unmittelbar neben dem gerade zu setzenden Niet gilt das früher Mitgeteilte (siehe S. 124).

Die Rohrwand wird vorläufig noch nicht eingenietet. Die Kesselmaulnaht kann hydraulisch nämlich nur in der Weise genietet werden, daß das Nietmaul von vorn her über die Schüsse greift. Hierbei wäre die Rohrwand im Wege. Wenn keine genügend weit ausladende Nietmaschine zur Verfügung steht, kann es sogar erforderlich werden, das Vernieten beider Schüsse miteinander noch herauszuschieben.

Da Scheitel und Mittellinien auf dem Langkessel vorgerissen sind, so können jetzt einige weitere Maße aufgetragen werden. Zunächst diejenigen für das Domloch. Die Lage seines Mittelpunktes wird in einfachster Weise festgelegt durch das Maß *G* der Abb. 2, das seine Entfernung von der freiliegenden Schußkante angibt. Dieses wird einfach auf der Scheitellinie abgetragen. Eine biegsame Schablone wird auf den so bestimmten Mittelpunkt aufgelegt und der Umkreis des Domausschnittes angerissen. Ähnlich wird verfahren, um den Ausschnitt am tiefsten Punkt des Kessels für die sogenannte Bauchluke 6 (Abb. 2b) anzureißen.

Ein Längsriß entsprechend der Scheitellinie kann zu diesem Zwecke in der Weise angerissen werden, daß man die Mittellinien an den beiden Kesselseiten im gleichen Abstand von der vorderen Schußkante durch eine unter dem Schuß durchgeführte Schnur verbindet, deren Mitte auf dem Schuß ankörnt, dies Verfahren für mehrere Punkte wiederholt usw.

Die Öffnungen werden dann von Hand oder mit Preßluftwerkzeugen ausgekreuzt, oder man setzt am Umkreis Bohrloch neben Bohrloch, durchkreuzt die stehenbleibenden Stege mit dem Meißel und säubert die Kanten mit dem gleichen Werkzeug.

Die Nietteilung für Befestigung des Domuntersatzes auf dem Langkessel wird auf diesem und dem Langkessel aufgetragen, ebenso auf letzterem die zur Befestigung des Verstärkungsringes 5 (Abb. 2). Über die Herstellung des Domuntersatzes 3 ist auf S. 120 schon das Erforderliche mitgeteilt. Er wird, wie an gleicher Stelle beschrieben, in der mechanischen Werkstatt durch Abdrehen mit Stemmkante *s* versehen, und die Nietlöcher werden sämtlich als Heftlöcher mit Untermaß gebohrt. Im Langkessel werden ebenfalls sämtliche Nietlöcher als Heftlöcher gebohrt. Der Domuntersatz wird rotwarm mit dem Kesselschuß verheftet und mit dem

Setzhammer angerichtet. Auf gute Erwärmung ist gerade in diesem Falle Bedacht zu nehmen, weil es sich meist um ein geschweißtes Stück handelt, und Spannungen gerade in dem von vielen Nietlöchern durchsetzten Flansch bedenklich wären. Bei jedem Hammerschlag werden die benachbarten Heftschrauben kräftig nachgezogen. Sämtliche Nietlöcher werden dann mit richtigem Durchmesser durchgebohrt, und die Stücke zum Abgraten abgenommen. Es empfiehlt sich nicht, nur wenige Nietlöcher als Heftlöcher zu bohren; vielmehr sollen sie vollzählig gebohrt werden, um die Heftschrauben beim Anrichten je nach Bedarf hier oder dorthin setzen zu können. Der Ring 4 (Abb. 2) ist an den Flächen F_1, F_2 und F_3 (Abb. 27) auf der Planscheibe bearbeitet und wird warm aufgezogen. Auf ihm werden die Teilungen für die Befestigungsniete und für die Bolzenlöcher, die der Verbindung des Unter- mit dem Oberteile dienen, vorgezeichnet, gebohrt, und dann der Ring festgenietet. Das Stück geht wieder zur Planscheibe und wird durch Andrehen der Dichtungsfläche F_4 auf Höhe gestochen. Gleichzeitig wird die Stemmkante s_2 angedreht. Der Untersatz wird, nachdem inzwischen der Verstärkungsring 5 auf den Langkessel angenietet wurde, zum zweitenmal angeheftet und angerichtet, wozu in diesem Falle Handwärme genügt, da es sich nur um ein Nachrichten handelt, und aufgenietet.

Es folgen ähnliche Arbeiten zum Annieten der Bauchluke. Auf diese näher einzugehen, ebenso auf die zur Vernietung des eben erwähnten Verstärkungsringes, erübrigt sich, da die ganz ähnlichen Arbeiten beim Aufbringen der großen Anker- und Lukenwarzen an der Stehkesselseitenwand später eingehender besprochen werden sollen.

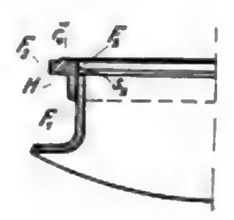


Abb. 27. Verstärkungsring des Domuntersatzes.

j) Die Herstellung des Domoberteiles.

Das Domoberteil wird wie ein Schuß gebogen. Wie Überlappungsnähte herzustellen, zu heften usw. sind, ist bei anderen Gelegenheiten besprochen worden. Der Schuß wird erhitzt und die Domkappe eingesetzt, die also durch Schrumpfung haftet; die Nietlöcher werden von außen durchgebohrt usw. Dann wird, wie beim Unterteil, der untere Ring warm aufgezogen, der, wie dort, vorgearbeitet ist. Domoberteil mit Ring gehen zur Plandrehbank zum Andrehen der Schleiffläche und der Stemmkante. Für die letztgenannte Arbeit ist es nicht gleichgültig, wie die zugeschärfte Blechecke der Überlappungsnaht liegt, die sich zwischen Ring und innen liegenden Lappen der Überlappungsnaht des Domschusses einschiebt (siehe Nebenabbildung zum Dom in Abb. 2). Sie soll so gerichtet sein, daß der Drehstahl, der sonst leicht abbrechen würde, mit ihr, nicht gegen sie, arbeitet. Domunter- und Oberteil werden aufeinander aufgeschliffen. Jedoch wäre vorläufig der Dom noch im Wege, und man schiebt diese Arbeit, wie ja überhaupt grundsätzlich die Herstellung aller Schleifflächen, möglichst hinaus.

Der Langkessel ist damit zur endgültigen Vernietung mit dem Stehkessel fertiggestellt, an dem inzwischen die Arbeiten in folgender Weise fortgeschritten sind:

Der Stehkessel ist mit der Stiefelknechtplatte vernietet (vgl. S. 140); nur die Türwand darf noch nicht eingebracht sein, falls, wie in Abb. 2, die Feuerkiste wegen ihrer großen Breite von hinten eingebracht werden muß. Die Feuerkiste muß also inzwischen zum Einbringen fertiggestellt sein.

k) Die Herstellung der Feuerkiste.

Als Baustoff für die Feuerkiste wird, wie eingangs erwähnt, heute in Europa fast allgemein Kupfer verwendet. Versuche mit Nickelkupfer sind angestellt. Die größere Festigkeit soll geringere Blechstärken und damit Gewichtsersparnisse ergeben. Hierdurch soll gleichzeitig der auf die Gewichtseinheit höhere Preis ausgeglichen werden. Genügende Erfahrungen liegen noch nicht vor. Es soll weiterhin gewöhnliches Kupfer als Baustoff angenommen werden. Man schreibt für dieses eine Festigkeit von 20 bis 22 kg und eine Dehnung von 20 % bis 50 % vor. In Frankreich gelten die geringen, in England die hohen Dehnungswerte, während die deutschen Anforderungen in der Mitte stehen. Das Kupfer wird in Tiegeln geschmolzen. Die Formgebung geschieht durch Walzen der so entstandenen, erhitzten Kupferblöcke. Seitenwände und Decke der Feuerkiste — bei uns aus einem Stück bestehend — werden in zwei Hitzen ausgewalzt. Eine dritte Hitze dient dazu, durch nachfolgendes Aufgießen von Wasser den Zunder zum Abblättern zu bringen. Etwaige „Schiefer" werden auf der nunmehr blanken Oberfläche sichtbar und können durch Schaben entfernt werden. Umständlicher ist die Herstellung einer Rohrwand wegen ihrer im unteren Teil geringeren Stärke (siehe Abb. 2). Es sind zunächst, wie vorstehend, drei Hitzen erforderlich, um den Block auf vorerst gleichmäßige Blechstärke auszuwalzen und zu entzundern. Zwei, zuweilen nur eine weitere Hitze, dienen dem Absetzen. Das Blech wird mit einer eisernen Beilage E (Abb. 28) durch die Walzen geschickt, so daß der untere Teil schwächer als der obere wird. Nach einer weiteren Hitze wird wieder entzundert. Drei Hitzen folgen, um das Blech zu bördeln. Die Bördelung wird mit Handhämmern oder mit Kümpelpressen vorgenommen. Eine letzte, also zehnte, Hitze dient dem Ausglühen und Entzundern. Wie Abb. 2 erkennen läßt, hat der Flansch der Rohrwand eine geringere Blechstärke als die Rohrwand selbst in ihrem oberen Teil. Darum muß vor dem Kümpeln auf einem Randstreifen von der Breite des späteren Flansches das Material um einen entsprechenden Betrag weggehobelt werden. In Abb. 28 erscheint jener Streifen durch die Linie *abcd* begrenzt. Diese Bearbeitung muß auf der Seite stattfinden, die später Außenseite des Flansches wird. Sie erfolgt wegen der häufig großen Breite der Rohrwände, wie sie z. B. bei Lokomotiven mit über dem Rahmen liegendem Rost vorkommen, zweckmäßig auf einer Einständerhobelmaschine. Diese nimmt mit zweimaligem Umspannen drei sich rechtwinklig schneidende Streifen fort. Die Rundungen bei *b* und *c* müssen von Hand nachgearbeitet werden.

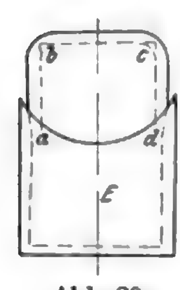


Abb. 28. Rohrwand.

Bei der Türwand fällt das Absetzen fort. Hinzu kommt, Webbsche Ausführungsform vorausgesetzt, das Kümpeln des Türloches. Zuvor wird mit dem Messerkopf eine kreisförmige Öffnung geschnitten oder man bohrt

ein Loch und sägt dann die Öffnung aus. Das Abhobeln des Flansches entfällt, weil die Wand selbst schwach genug gehalten werden kann, und weil hier nicht so ängstlich wie an der Rohrwand auf Platzgewinn zur Unterbringung der Rohre Rücksicht genommen zu werden braucht.

Bei der Formgebung des Kupfers soll man mit möglichst wenig Hitzen auszukommen suchen, weil die Eigenschaften des Kupfers durch die hohen Temperaturen Einbuße erleiden. Man vermeidet es daher, die Arbeiten durch besondere Kümpelungen, wechselnde Stärken der Wände usw. mehr, als unbedingt erforderlich, zu erschweren. Eine solche Erschwerung ist z. B. die Vorschrift, daß die Seitenwände im unteren Teil, wo besonders starke Abnutzung durch die Nähe des Brennstoffes zu erwarten ist, verstärkt werden sollen. Das Stück muß in diesem Fall, ähnlich wie die Rohrwand, nach dem Auswalzen auf eine gewisse Stärke mit Beilagen durch die Walzen geschickt werden. Hierzu ist aber, wie oben gezeigt, eine größere Zahl von Hitzen erforderlich. Der Vorgang wird übrigens noch dadurch umständlich, daß man nicht mit einer Beilage auskommen kann, denn diese muß die Länge *ab* haben (Abb. 29). Maß *ab* vergrößert sich aber nach jedesmaligem Durchgang durch die Walzen.

Hinsichtlich des Biegens und der Kantenbearbeitung ist gegenüber eisernen Blechen nichts Besonderes zu bemerken.

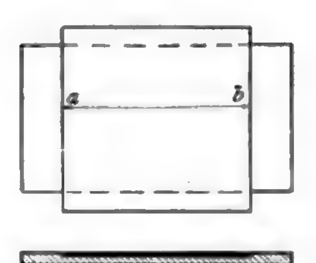


Abb. 29. Verstärkung der Seitenwandenden.

Die Lokomotivfabriken beziehen im allgemeinen die Feuerbuchsbleche gekümpelt und gebogen und mit einem Übermaß nur an den unteren Kanten, die später mit dem Bodenring abschließen sollen. Hier ist ein Übermaß erforderlich, weil infolge kleiner unvermeidlicher Ungenauigkeiten jene Kanten erst nach der Zusammensetzung mit dem Stehkessel und Bodenring auf Maß abgearbeitet werden können. Die anderen Kanten sind mit angehobelter Stemmschräge versehen.

In der Rohrwand werden die Rohrlöcher gebohrt und versenkt, wobei, wie für die vordere Rohrwand beschrieben, zu verfahren ist. Die Löcher für die kurzen Kesselanker 11 werden gebohrt und mit Gewinde versehen.

Die Buchse wird zusammengesetzt, indem man das Decke und Seitenwand bildende Stück über Tür- und Rohrwand streift. Die Mittellinien der Nietnähte werden vorgezeichnet und die Nietteilung aufgetragen; ausgenommen jedoch die Niete, die später durch den Bodenring gehen. In den Nietnähten werden Heftlöcher mit Untermaß durchgebohrt, und zwar etwa in der Weise, daß jedes vierte spätere Nietloch jetzt als Heftloch gebohrt wird. Die Bleche werden in genau gegeneinander ausgerichteter Stellung verheftet und dann sämtliche Nietlöcher unter der Kranbohrmaschine mit richtigem Durchmesser gebohrt, sowie die Heftlöcher aufgebohrt. Die Feuerbuchse wird zum Abgraten und Reinigen der Überlappungen auseinander genommen, wieder zusammengesetzt und vernietet. Man scheut sich im allgemeinen, diese Vernietung hydraulisch vorzunehmen, denn der große Nietdruck preßt die weichen Kupferbleche so stark aufeinander, daß dauernde Formänderungen nicht ausbleiben. Manche Nieteinrichtungen, z. B. die mit Luftdruck betriebenen, arbeiten mit einstell-

Digitized by Google

barem Hub dergestalt, daß Schelleisen und Gegenhalter sich nur bis auf die Gesamtstärke der zu vernietenden Stücke nähern können. Sie pressen also nur eben den Schließkopf an, ohne die Bleche zu verdrücken. Mit derartigen Vorrichtungen können auch Kupferbleche ohne Bedenken vernietet werden. Meist verwendet man eiserne Niete; es kommen aber auch kupferne vor. Diese werden nur auf dunkle Rotglut erwärmt. Noch nicht gesetzt werden selbstverständlich die Niete, die durch Mantelblech, Bodenring und Kupferblech gehen sollen. Außerdem läßt man aber auch noch einige Niete über dem Bodenring fort, um die Bleche unten etwas zusammenstauchen und den Ring zwanglos aufbringen zu können.

l) Das Einpassen der Feuerkiste und die Fertigstellung der Bohrlöcher für Stehbolzen und Bodenringniete.

Der Bodenring wird von unten her auf die Feuerkiste aufgebracht und darauf wird der Stehkessel, wenn die Feuerkiste schmal ist, von oben her über diese niedergelassen. Ist die Feuerkiste breit, so wird sie von hinten her eingeschoben und dann die Türwand eingesetzt (Abb. 2). Von nun an soll der letztgenannte Fall ausschließlich betrachtet werden. Die abweichenden Verfahren für den ersteren ergeben sich von selbst.

Die Feuerkiste muß in die richtige Stellung zum Stehkesselmantel gebracht werden. Von der Seite her lassen sich die zugehörigen Messungen in bequemster Weise vornehmen, indem man durch die Stehbolzenlöcher des Mantels Maßstäbe einführt und an der Lochkante abliest. Auch der Abstand zwischen den beiden Decken ist nachzuprüfen. Häufig verwendet man für diese Zwecke auch Lehren. Hat die Feuerkiste die richtige Stellung eingenommen, so wird sie in dieser durch Distanzschrauben, die hier und da an Stelle der Stehbolzen eingebracht werden, festgestellt, um Verschiebungen während der nachfolgenden Arbeiten auszuschließen. Am Bodenring werden die Bleche durch Schraubenzwingen angeklammert.

Die jetzt vorzunehmenden Arbeiten bestehen im Bohren bzw. Nachbohren der Nietlöcher zur Befestigung des Bodenringes und der Stehbolzenlöcher. Die ersteren sind in den Seitenwänden und der Türwand des Stehkesselmantels durch den Bodenring hindurch mit Untermaß vorgebohrt (vgl. S. 139), auf der Stiefelknechtplatte nur vorgezeichnet. Sie müssen also in dieser neu durch Ring, Stiefelknechtplatte und Rohrwand hindurch mit endgültigem Maß gebohrt und aufgerieben werden. In jenen sind sie auf richtiges Maß auf- und gleichzeitig durch die Kupferwände hindurchzubohren und aufzureiben. Die Stehbolzenlöcher sind in der Türwand vollzählig, in den Seitenwänden, soweit sie später oberhalb des Rahmens liegen, mit Untermaß vorgebohrt. In der Stiefelknechtplatte fehlen sie noch, sind aber vorgezeichnet, ebenso im unteren später hinter den Rahmenblechen liegenden Teil der Seitenwände. Die neu zu bohrenden Stehbolzenlöcher sind jetzt sogleich mit nur geringem Untermaß, um späteres Aufreiben zu ermöglichen, durch Stehkesselwand und Kupferbüchse hindurch zu bohren; die vorgebohrten werden auf gleiches Maß auf- und ebenfalls durch die Feuerbuchse hindurchgebohrt. Aufgerieben werden die Stehbolzenlöcher noch nicht. Dies geschieht erst später, wenn Mantel und Buchse nach Abgraten der Naht am Ring zum zweitenmal zusammengesetzt werden. Neu zu bohren sind endlich die Nietlöcher für die Stehkesselträger 21 und 22 (Abb. 2).

Abb. 30. Dreifache Stehkesselbohrmaschine (Werkzeugmaschinenfabrik Collet & Engelhard).

Begonnen wird mit dem Durchbohren einzelner Löcher am Bodenring, um hier sogleich zur weiteren Sicherung einige Heftschrauben einziehen zu können. Unmittelbar nach dem Einziehen der Heftschrauben werden auch die Schraubzwingen nachgezogen. Man tut gut, die Niet-

Digitized by Google

löcher für den Bodenring jetzt nur im geraden Teil der Wände, nicht in den Krümmungen zu bohren. Wenn nämlich nachher in den geraden Teilen genietet wird, strecken sich die Bleche ein wenig. Infolgedessen klaffen sie in den Eckrundungen, so daß sich die Nietlöcher nicht mehr genau decken. Diese werden darum zweckmäßiger erst nach erneutem Anrichten gebohrt, wenn jene Niete an den Seiten schon gesetzt sind. Der Nachteil, daß sie unter diesen Umständen nicht abgegratet werden können, muß in Kauf genommen werden.

Sind die Bodenringnietlöcher im geraden Teil gebohrt, so werden die Stehbolzenlöcher in Angriff genommen. Die Bohrspindel muß in der Richtung der Stehbolzenachsen eingestellt werden. Diese sind, wie Abb. 2d zeigt, nicht durchweg wagerecht. Die Einstellung der Bohrspindel erfolgt nach einer Blechlehre, auf der die Stehbolzenreihe vermerkt ist.

Um bei diesen Arbeiten Zeit zu sparen, ist es wünschenswert, eine Maschine zu besitzen, die gleichzeitiges Bohren an mehreren Wänden gestattet. Abb. 30 zeigt eine solche dreifache Bohrmaschine der Firma Collet & Engelhard. Die Abbildung erklärt sich allein.

Vor Herausnahme der Feuerkiste zum Abgraten müssen in ihrer Decke noch die Löcher für die Deckenstehbolzen nach den in der Decke des Stehkessels schon vorhandenen angezeichnet werden. Es geschieht dies mit Hilfe eines Winkels, der, mit seinem wagerechten Schenkel mit breiter Auflagefläche auf der Feuerkistendecke ruhend, so eingestellt wird, daß er mit seinem lotrechten Schenkel die Innenkante des Loches in der Stehkesseldecke berührt. Der gesuchte Mittelpunkt liegt dann um den Lochhalbmesser gegen den so bestimmten Punkt zurück. Es genügt, eine Lochreihe, am besten die zunächst der Scheitellinie liegende, auf diese Weise auf die Feuerkistendecke zu übertragen. Die andern lassen sich dann mittels einer nach dieser Reihe eingestellten Schablone auftragen.

Die Feuerkiste wird zum Abgraten der Nietlöcher am Bodenring und weiteren an ihr vorzunehmenden Arbeiten (vgl. später) nach Herausnahme der Türwand wieder entfernt. Die Türwand wird einstweilen noch nicht wieder eingesetzt.

Die weiteren Arbeiten an Stehkessel und Feuerkiste werden gleichzeitig vorgenommen. Zunächst sollen die am Stehkessel betrachtet werden.

m) Der Einbau der Seitenwandversteifungen des Stehkessels und die Anbringung der Stehkesselträger.

Die Lukenwarzen 23 und die Ankerwarzen 24 sind in der mechanischen Werkstatt, wie folgt, vorgearbeitet: Die Anlagefläche am Kessel ist auf der Fräs- oder Shapingmaschine hergestellt. Die Stemmkante wird auf einer nach Lehre arbeitenden Fräsmaschine mit kegelförmigem Fräser hergestellt. Die Löcher für die Queranker sind mit Untermaß vorgebohrt. Die Lukenöffnung selbst ist ausgebohrt und mit dem kegelförmigen Linsensitz versehen. Diese Fläche hat jedoch noch nicht ihre endgültige Form. Deren Fertigstellung schiebt man vielmehr solange wie möglich hinaus, um einer nachträglichen Beschädigung, die Undichtigkeiten zur Folge haben müßte, vorzubeugen. Die Stirnflächen sind angefräst. Sämtliche Nietlöcher für die Befestigungsniete sind im Warzenflansch mit 2 mm Untermaß vorgebohrt.

Die Warzen werden nach dem auf dem Mantelblech gemachten Riß (vgl. S. 142) auf diesen gelegt und mittels der auch im Mantelblech schon vorgebohrten Löcher (vgl. ebenda) verheftet. Die Warzen, die handwarm sein müssen, werden mit dem Setzhammer angerichtet. Gleichzeitig mit jedem Hammerschlag werden die Heftschrauben nachgezogen. Sämtliche Nietlöcher werden auf endgültigen Durchmesser durchgebohrt, dann die Warzen zum Abgraten entfernt, nochmals angeheftet und angerichtet. Die Heftschrauben verbleiben an ihrem Platz, bis die Stücke zusammen mit den sogleich zu besprechenden Versteifungswinkeln angenietet werden.

Zum Anrichten der Versteifungswinkel 16 werden einige der zur Befestigung vorgesehenen Nietlöcher als Heftlöcher im Stehkesselmantel gebohrt. In den Winkeln 16 sind sämtliche Nietlöcher gebohrt. Sie werden eingeheftet und nun alle Nietlöcher von innen her nach den im Winkel schon vorhandenen durch den Stehkesselmantel nach Umsetzung der Heftschrauben aufgebohrt. Wie früher (s. S. 143) für die Blechversteifung 15 beschrieben, werden die Winkel dann warm angerichtet.

Ebenso wird mit den senkrechten Versteifungswinkeln 13 verfahren; nur mit dem Unterschied, daß im Mantelblech schon alle Löcher, im anliegenden Winkelschenkel nur einige Heftlöcher gebohrt sind. Die andern werden dann von außen her durchgebohrt.

Die Stehkesselträger 21 und 22 sind in der mechanischen Werkstatt bis auf die Bohrungen für die Befestigungsniete und die Aussparungen für die Stehbolzenköpfe fertiggestellt. Die Träger werden nach dem beim Abschnüren des Kessels für sie vorgezeichneten Rissen U_1 U_2 (Abb. 26) an die Seitenwand angelegt, und sodann werden die Bohrlöcher vom Innern des Stehkessels her nach den in dessen Wänden schon gebohrten Löchern auf ihnen angerissen. Nach diesen Marken werden die Stücke gebohrt.

Der Stehkessel wird zum Nietstand geschafft. Die großen Lukenwarzen 23, die Querankerwarzen 24, die Versteifungswinkel 16 und die Stehkesselträger 21, 22 werden angenietet. Nur die Warzen können hydraulisch genietet werden. Die senkrechten Winkel 13 werden noch nicht angenietet (vgl. S. 154).

n) Die Vernietung von Steh- und Langkessel miteinander.

Steh- und Langkessel werden mit der Vorrichtung der Abb. 17 nach sorgfältiger Reinigung der Überlappungsnaht zusammengezogen. Es gilt auch hier, was zum zweiten Zusammenziehen der Langkesselschüsse bemerkt wurde (vgl. S. 144), besonders auch hinsichtlich der Verwendung der Dorne, um die Nietlöcher zur genauen Deckung zu bringen. Besonders dort, wo sich der zugeschärfte Lappen Z_3 der Stiefelknechtplatte zwischen Langkessel- und Stehkesselwand einschiebt, wird nochmals angerichtet und dann hydraulisch genietet, wobei das Maul der Nietmaschine um die Langkesselschüsse greift. Wie oben erwähnt, mußte, um dies zu ermöglichen, die Einbringung der Rohrwand noch aufgeschoben werden. Sie kann jetzt in gleicher Weise eingebracht und hydraulisch genietet werden. Diese Arbeit gestaltet sich besonders einfach, wenn die Rohrwand kreisförmigen Umfang hat und vom vorderen Schuß umfaßt wird.

o) Die Vernietung der Rohrwand mit dem Langkessel.

Die Blechversteifung 15 ist, wie S. 143 beschrieben, schon in den Langkessel eingenietet. Die Rohrwand legt sich beim Einziehen gegen diese; Nietloch muß auf Nietloch passen; zur weiteren Sicherheit reibt man von der Außenseite der Rohrwand her diese Nietlöcher in Rohrwand und Anschlußwinkel der Blechversteifung auf, richtet diesen nötigenfalls noch etwas gegen jene an und vernietet endlich beide. Die Rohrwand wird am Umfang in den Langkessel eingenietet.

Wie der Zeitpunkt für das Einnieten der vorderen Rohrwand davon abhängig gemacht werden mußte, ob die Kesselmaulnaht hydraulisch oder von Hand genietet werden soll, und welche Ausladung im ersteren Fall das Maul der Nietmaschine hat, so trifft dies auch für die Rauchkammer zu. Hydraulische Nietung vorausgesetzt, wird jetzt der geeignete Zeitpunkt zum Anbau der Rauchkammer gekommen sein. Die Rauchkammer wird für sich gleichzeitig mit den zuletzt besprochenen Arbeiten fertiggestellt.

p) Herstellung und Anbau der Rauchkammer.

Die Herstellung der Rauchkammer geschieht nach ähnlichen Grundsätzen wie die des Langkessels, jedoch mit gewissen durch den Fortfall des Dampfdruckes bedingten Vereinfachungen. Dicht müssen die Verbindungen gleichwohl sein, um die Wirkung der durch Schornstein und Blasrohr verursachten Luftleere nicht zu beeinträchtigen. Die Rauchkammer ist in ihrem zylindrischen Teil meist aus zwei Blechen zusammengesetzt und weist, wie Abb. 2 zeigt, eine Reihe von Ausschnitten für den Schornstein, den Zunderfall und die Dampfeinströmungsrohre auf. Auf den ebenen Blechen, die Übermaß haben, wird der genaue Umfang, die Ausschnitte, und auf einem von einer größeren Anzahl gleichzeitig im Paket zu bohrender Bleche die Nietteilung für die Längsnaht vorgerissen. Nur für das in der Überlappungsnaht später außen liegende Blech sind alle Nietlöcher dieser Längsnähte aufzutragen; für das unten liegende genügt es, nur dies und jenes Nietloch anzuzeichnen, um einige Heftlöcher bohren zu können. Es folgt die Behobelung der Kanten. Dann werden die Ausschnitte mit $1^1/_2$ mm Zugabe am Rande ausgelocht. Nun würde aber jeder Ausschnitt, weil er eine Unstetigkeit darstellt, verhindern, daß das Blech nachher auf den Biegewalzen eine genau zylindrische Form annimmt. Aus diesem Grunde war es bei Herstellung der Kesselschüsse ausgeschlossen, z. B. den Domausschnitt schon im ebenen Blech auszuschneiden. Wenn man auch aus den oben angegebenen Gründen bei der Rauchkammer weniger ängstlich zu sein braucht, so sind gewisse Vorsichtsmaßregeln doch erforderlich. Aus diesem Grunde locht man die großen seitlichen Öffnungen, die zur Durchführung der Dampfeinströmungsrohre erforderlich sind, nicht vollständig aus, sondern läßt in deren Mitte versteifende Stege stehen, die, sich rechtwinklig schneidend, die Öffnung in vier gleich große Teile zerlegen. Die Bleche werden darauf zu Paketen vereinigt, und die Nietlöcher bzw. Heftlöcher in den Längsnähten gebohrt. In den beiden Rundnähten, die den Anschluß des Rauchkammerschusses an die Rauchkammervorderwand und mittels des Rohrwandflansches (Abb. 2) oder eines Ringes *R* (Abb. 12) an den Langkessel bewerkstelligen, waren keine Nietlöcher vorgezeichnet und werden keine gebohrt. Beides geschieht aus

ähnlichen Gründen, wie sie bei Besprechung der Arbeiten am Langkessel auseinandergesetzt wurden, besser nach Zusammensetzung der Rauchkammer bzw., nachdem sie auf den Langkessel aufgeschoben ist, weil man dann die Löcher gleich durch beide zu vernietende Bleche hindurchbohren kann. Die Bleche werden gebogen, jedoch nicht, wie dies bei den Langkesselschüssen der Fall war, zu geschlossenen Zylindern zusammengerollt, sondern nur zu Teilen eines solchen, da der Schußumfang aus zwei Blechen besteht. An beiden Längsrändern jeden Bleches muß ein Streifen für die Überlappung in der Längsnaht gerade bleiben (vgl. S. 133). An den Ausschnitten wird mit Schlichthämmern nachgerichtet, um etwaige Unstetigkeiten zu beseitigen. Wegen der Sperrigkeit des Stückes läßt sich diese Arbeit nicht unter der Wasserdruckpresse ausführen. Die Bleche werden miteinander verheftet, und vorn die gekümpelte Vorderwand, hinten der Ring *R*, Ausführungsform der Abb. 12 vorausgesetzt, eingebracht; sie haften durch Reibung in dem Rauchkammerschuß, so daß zuvor keine Heftlöcher gebohrt zu werden brauchen. Die Nietlöcher der Längsnaht werden mit richtigem Maß durchgebohrt und darauf die Längsnaht mit genau passenden Heftschrauben verheftet. Der Ring *R* wird aus dem Rauchkammerschuß herausgenommen und warm auf den vorderen Langkesselschuß aufgezogen. Durch Körnermarken ist, ähnlich wie beim Zusammenziehen der Schüsse, anzugeben, wie weit der Ring aufzuschieben ist. Maß *A* (Abb. 12) ist also das für den Anbau der Rauchkammer bestimmende. Auf den Ring wird die Rauchkammer aufgebracht, und zwar soweit, daß Blechkante und die hintere Ringkante bündig liegen. Die Nietteilung beider Rundnähte wird aufgetragen. Es werden einige Heftlöcher durchgebohrt und Ring, Rauchkammer- und Schußblech an vier um 90° gegeneinander versetzten Stellen miteinander verheftet. Endlich werden alle Nietlöcher beider Rundnähte sogleich mit richtigem Durchmesser durchgebohrt. Ein Abgraten ist nicht erforderlich. Alle Nähte werden genietet.

Die obenerwähnten Öffnungen für den Zunderfall usw. werden auf richtiges Maß behauen und die Kanten befeilt. Die Blechkanten an den Längsnähten werden leicht verstemmt.

Die vordere Kümpelwand ist an dem Rand *r* (Abb. 2) auf der Planscheibe bearbeitet. Die Rauchkammertür wird auf diesen Rand kalt mit Setzhämmern angerichtet. Wegen des unvermeidlichen Setzens der Tür soll diese so angebaut werden, daß der Überstand des Türrandes über den Schleifrand der Vorderwand im neuen Zustand der Tür nicht am ganzen Umfang gleichmäßige Breite hat, sondern oben breiter, unten schmaler ist.

Die Aufbringung des Schornsteins kann erst nach Zusammenbau von Kessel und Rahmen erfolgen, weil er lotrecht und einachsig mit dem Dampfaustrittkegel stehen muß.

q) Kleinere Vollendungsarbeiten und die Herstellung der Versteifung der Stehkesselrück- gegen die Seitenwand.

Für die weiteren Arbeiten wird der Kessel zweckmäßig in Rückenlage gebracht. Die Lukenlöcher O_2 werden nebst den zugehörigen Nietlöchern für Befestigung der Lukenwarze angezeichnet und mit transportablen Bohrmaschinen — das Lukenloch mit Messerkopf — gebohrt. Eine

Lukenwarze ist an dieser Stelle trotz der Kleinheit der Luke unentbehrlich, weil das Blech der Stiefelknechtplatte hier eine doppelte Krümmung hat, nämlich einmal nach dem Kesselmaul hin und andererseits nach der Anschlußkümpelung für die Seitenwände. Wollte man das Gewinde zum Einschrauben des Lukenfutters unmittelbar in die Bleche schneiden, so würde nur eine geringe Anzahl der Gewindegänge geschlossen im Blech verlaufen; die anderen würden wegen der erwähnten unregelmäßigen Form bald in das Blech ein-, bald wieder austreten, und Dichthalten würde nicht zu erzielen sein. Hinsichtlich der weiteren Arbeiten zur Aufbringung der Warze kann auf das S. 151 über die großen Seitenlukenwarzen Mitgeteilte verwiesen werden.

Die Türwand wird wieder in den Stehkessel eingeheftet und der senkrechte Versteifungswinkel 13, der mit dem einen Schenkel noch mit der Seitenwand des Stehkessels verheftet ist (vgl. S. 151), wird handwarm an die Türwand angerichtet. Übrigens muß er so genau hergestellt sein, daß nur ganz geringe Richtarbeiten erforderlich sind. Nach dem Anheften, Anrichten und Aufbohren der Nietlöcher zur Befestigung des Winkels von außen her wird er durch einige genau passende Heftschrauben mit der Türwand verheftet, während die Schrauben, die ihn an die Stehkesselseitenwand heften, entfernt werden. Es geschieht dies, um Türwand und Winkel zugleich herausnehmen und auf der Bohrmaschine bequem miteinander verbohren und ebenso bequem hydraulisch vernieten zu können. Die Türwand wird also herausgeheftet, die besprochenen Bohrungen werden vorgenommen, abgegratet und Winkel und Türwand hydraulisch vernietet.

Während die Türwand noch eingeheftet ist, wird gleichzeitig mit den Arbeiten am senkrechten Versteifungswinkel 13 auch die Blechversteifung 12 eingepaßt. Dies, wie auch später das Anrichten und Vernieten, geschieht in genau gleicher Weise wie auf S. 143 für die vordere Blechversteifung 15 beschrieben wurde. Es kann also darauf verwiesen werden. Sind, wie dies meist der Fall, die vorderen Enden der Blechversteifung 12 bei *q* durch einen bei der Lokomotive der Abb. 2 fehlenden Queranker verbunden, so wird dieser rotwarm eingebracht. Er kommt durch Schrumpfung in Spannung und hat dann die Neigung, das vordere Ende des Befestigungswinkels am Mantelblech von diesem abzuziehen und so Undichtigkeit der vorderen Niete zu veranlassen. Dieser Winkel soll deshalb genügend weit über den Queranker hinaus nach vorn durchgeführt sein und in diesem vorderen Teil durch eine genügende Anzahl von Nieten festgehalten werden.

Die Bohrungen in den Lukenwarzen 23 und Ankerwarzen 24 für die Queranker 17 sind noch auf genaues Maß aufzubohren und mit Gewinde zu versehen. Um genaue Einachsigkeit der Bohrungen auf beiden Seiten des Kessels zu erzielen, werden diese Arbeiten zweckmäßig erst jetzt, da der Stehkesselmantel fertiggestellt ist und keine Formänderungen mehr zu befürchten sind, in Angriff genommen. Das Werkzeug ist eine Reibahle, die sich in der linken Bohrung führt, wenn sie die rechte aufreibt. Zur Erreichung vollkommener Einachsigkeit müssen hierbei noch bis zu 5 mm herausgenommen werden. Der Antrieb erfolgt elektrisch, wie es bei den ortsbeweglichen Bohrmaschinen mit wagerecht liegender Bohrspindel üblich ist. Mit der gleichen Maschine wird auch das Gewinde geschnitten; besondere Maßnahmen zur Erzielung fortlaufenden Gewindes in beiden Gewindeteilen sind nicht erforderlich, da der Anker infolge

seiner großen Länge hinreichende Nachgiebigkeit besitzt. Der Gewindedurchmesser ist in der rechten Warze um 1 mm größer als in der linken zu wählen, damit beim erstmaligen Durchschrauben des linken Ankerendes durch das Gewinde der rechtsseitigen Warze jenes Gewinde nicht ausgenutzt wird.

r) Das Verstemmen der Nähte und Nietköpfe.

Der Kessel ist bis auf das Verstemmen der Nietnähte und Niete zur Aufnahme der Feuerkiste fertig. Das Verstemmen der Nähte muß jetzt vorgenommen werden, denn nach der endgültigen Einbringung der Feuerkiste wird der Stehkessel von innen unzugänglich. Nietnähte, die z. B. infolge Einbringung von Verankerungen schon unzugänglich geworden sind, müssen natürlich vorher verstemmt sein, wie sich überhaupt für die Stemmarbeiten i. a. nicht ein bestimmter Platz in der Reihenfolge der Arbeiten angeben läßt. Es ist durchaus erforderlich, die Verstemmarbeiten nicht etwa auf die Außenseiten zu beschränken, denn das Wasser soll überhaupt nicht erst zwischen die Überlappungen der Nähte dringen und

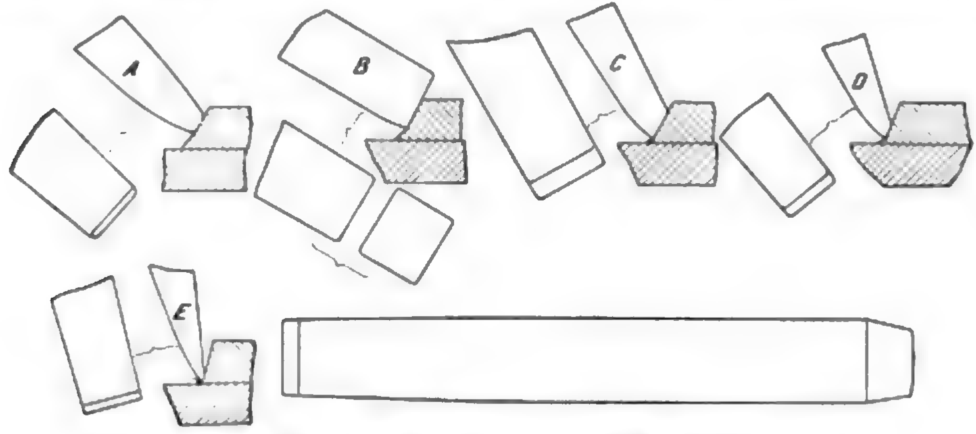


Abb. 31. Werkzeuge zum Verstemmen der Blechkanten.

dort Anrostungen hervorrufen können. Der Vorgang des Verstemmens besteht bekanntlich darin, daß die beiden Bleche, mit starkem Druck gegeneinander gepreßt, sich dampf- und wasserdicht aneinander schließen. Abb. 31 zeigt die verschiedenen hierfür erforderlichen Werkzeuge. *A* ist ein sogenannter Vorstemmer; er wird hoch an der Kante des Bleches angesetzt und verändert die Form der Stemmkante in der Weise, daß ein starker, das untere Blech bei den nachfolgenden Arbeiten schützender Grat entsteht. Stemmer *B* wird ebenfalls hoch, da der Grat noch stark ist, angesetzt und dichtet die beiden Bleche daher in einem verhältnismäßig breiten Streifen aber mit nicht sehr großem Druck gegeneinander. Die Werkzeuge *C* und *D* werden tiefer und tiefer angesetzt, den Grat allmählich fein stemmend. Die Dichtungsfläche wird schmaler, die Pressung größer. Der Grat wird endlich mit dem Gratmeißel *E* fortgenommen. Die letzte Arbeit erfordert große Sorgfalt. Die Schläge dürfen nur mäßig stark geführt werden, um Einmeißeln des unteren Bleches zu verhüten. Derartige Verletzungen sind besonders im unteren Teil an der Außenseite des Langkessels bedenklich, denn hier sammelt sich mit Vorliebe Tropfwasser, das auf angemeißelte Stellen natürlich doppelt schnell zerstörend

wirkt. Bei den Blechabmessungen, wie sie im Lokomotivkesselbau vorkommen, kann man mit dem Handhammer zum Antrieb der Stemmwerkzeuge auskommen. Auch Preßluftwerkzeuge kann man verwenden. Mit dem Vorschlaghammer und Stielstemmern zu arbeiten, ist entbehrlich; darum sollte man auch auf deren Verwendung und die hierdurch bewirkte Beschleunigung der Arbeiten verzichten, weil die Gefahr von Blechverletzungen durch abgleitende oder zu tief angesetzte Meißel ganz wesentlich durch sie vergrößert wird.

Das Verstemmen der Nietnähte verspricht nur dann vollen Erfolg, wenn die Nietarbeiten sachgemäß ausgeführt waren. Dazu gehört vor allem, daß die Bleche in unmittelbarer Nähe des eben zu setzenden Nietes durch die Heftschrauben oder die Blechschlußkrone des Wasserdrucknietapparates so fest zusammengezogen werden, daß sie nicht etwa durch den großen Stauchdruck am Niet selbst an anderer Stelle, zumal an den Kanten auseinanderfedern. Versehen, die beim Nieten vorgekommen sind, können durch gewaltsames Verstemmen wohl vorübergehend verdeckt, aber nicht gut gemacht werden.

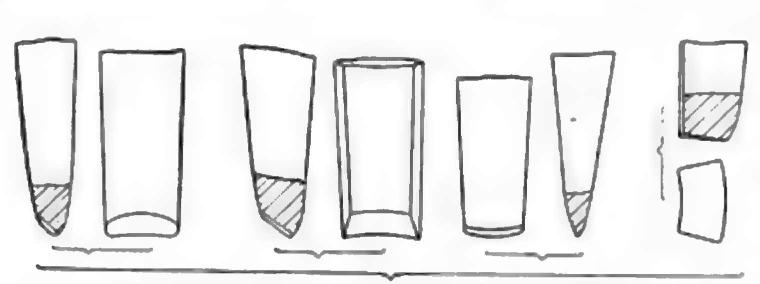


Abb. 32. Werkzeuge zum Verstemmen der Nietköpfe.

Für das Verstemmen der Nietköpfe gilt ganz ähnliches. Die Werkzeuge in der Abb. 32 erklären sich nach dem Vorangegangenen von selbst. Die Niete werden meist mit einem Grat am Setzkopf bezogen, um das Verstemmen zu vereinfachen.

Zu verstemmen sind übrigens auch die Kanten der an den Kesselwandungen anliegenden Winkelschenkel von Blechversteifungen und die Blechkanten der Lukenausschnitte. Um letzteres zu ermöglichen, muß die Lukenwarze über den Blechausschnitt nach innen vortreten und so ein Widerlager für das Stemmwerkzeug bilden. Abb. 2 läßt dies deutlich an der Scheitelluke (Nebenabb.) erkennen.

s) Der Einbau der Feuerkiste.

Die Feuerkiste ist inzwischen zum Einbringen in den Stehkessel fertiggemacht. Die Deckenstehbolzenlöcher, deren Anreißen S. 150 beschrieben wurde, sind unter der Kranbohrmaschine gebohrt und in der ersten Reihe für die kurzen Deckenstehbolzen 14 (Abb. 2) Gewinde geschnitten. Um der Spindel beim Gewindeschneiden genügende Führung, zumal, wenn die Decke etwas gewölbt ist, zu geben, wird ein Bügel in etwa 20 cm Höhe über die Decke weggespannt, der mit seinen nach rückwärts gebogenen Füßen mit der Decke an den schon gebohrten Löchern verschraubt wird. Er enthält so viele Bohrungen als Bolzenlöcher in einer Querreihe vorhanden sind.

Der Bodenring wird wieder aufgezogen und die dicht über ihm noch fehlenden Niete (vgl. S. 148) werden von Hand gesetzt. Die Außenseite der Feuerkiste wird unzugänglich, sobald sie in den Stehkessel eingebaut ist. Darum sind die Außennähte und Niete jetzt zu verstemmen.

Digitized by Google

Gleichzeitig geschieht dies auch innen. Die Feuerkiste wird mit dem Bodenring von hinten her in den Stehkessel eingebracht und beide durch Heftschrauben am Bodenring miteinander verbunden. Die Türwand wird eingeschoben und verheftet. Die Türlochkümpelung der Kupferwand wird — Webbsche Ausführungsform vorausgesetzt — an die entsprechende Kümpelung der Türwand angerichtet, die Nietteilung aufgetragen und mit der Bohrknarre gebohrt. Die Türwand wird erst mit der Stehkesselseitenwand, dann an der Türlochöffnung und endlich mit der Blechversteifung 12 vernietet.

Bodenring, Stehkessel und Feuerkiste werden jetzt in den geraden Teilen des Ringes miteinander vernietet. In den Eckrundungen sind, wie S. 150 näher begründet wurde, die Nietlöcher noch nicht gebohrt. Die Bleche werden an diesen Stellen nach Fertigstellung der Nietung in den geraden Teilen an den Ring und gegeneinander mit Setz- und Vorschlaghammer angerichtet. An den Kupferblechen kann dieses kalt geschehen. Die Eisenbleche werden zuvor in früher besprochener Weise erwärmt. Die Nietlöcher werden von innen her mit Preßluftwerkzeugen gebohrt und endlich die Vernietung vorgenommen. Alle Nieten am Ring einschließlich der zuletzt besprochenen in den Eckrundungen werden am besten mit ortsbeweglichen Nietmaschinen hergestellt, denn an die feststehenden Nietvorrichtungen kann der Kessel jetzt nicht wohl mehr herangebracht werden. Die Niete werden abgegratet und verstemmt. Die Kupferbleche ragen, weil sie nach S. 147 Übermaß haben, noch nach unten über den Bodenring fort; sie werden auf Maß behauen und gleichzeitig die Stemmkante, etwas gegen die untere Fläche des Bodenringes zurücktretend, hergestellt. Die Eisen- und Kupferbleche werden am Bodenring verstemmt.

Die Ankerbolzen der kurzen Kesselanker 11 werden in die Rohrwand und gleichzeitig in das Muttergewinde des Ankers geschraubt. Im Ankerlappen sind die Nietlöcher zur Befestigung an dem Langkessel mit Untermaß als Heftlöcher vorgebohrt. Diese werden jetzt vom Kesselinnern her auf richtiges Maß auf- und durch das Schußblech hindurchgebohrt. Die Anker werden von Hand eingenietet.

Gleichlaufend mit diesen Arbeiten werden Schellen im Innern des Langkessels, wie eine solche z. B. Abb. 2 unmittelbar vor der Scheitelluke zur Unterstützung der Reglerwelle zeigt und ähnliche Nebenteile nach gleichem Verfahren, wie die eben erwähnten Kesselanker, befestigt.

Die Löcher für die Seitenstehbolzen werden, um ihnen genau einachsigen Verlauf zu sichern — meist von Hand — aufgerieben. Die Löcher für die Deckenstehbolzen sind für diese Arbeit noch immer nicht zugänglich, denn es ist daran zu erinnern, daß sich der Kessel noch immer in der Rückenlage befindet (vg. S. 153).

Auf manchen Werken wird übrigens der Kessel zum Aufreiben der Stehbolzenlöcher erst in die eine und dann in die andere Seitenlage gebracht, damit das Gewicht des Preßluftmotors in Richtung der Lochachse wirkt und das Loch nicht durch Gewichtswirkung länglich aufreibt. Die Stehbolzenlöcher werden mit Gewinde versehen. Die Gewinde in Eisen- und Kupferwand müssen fortlaufend sein, denn sonst läßt sich der ebenfalls mit fortlaufendem Gewinde versehene Stehbolzen entweder überhaupt nicht einschrauben oder er verzieht die nachgiebigen Kupferwände. Der

Digitized by Google

Gewindeschneider soll, um das Gewinde ganz allmählich zu schneiden, ein Anlaufgewinde von 80 bis 90 mm Länge besitzen. Dagegen soll der mit vollem Durchmesser im Kupfer schneidende Teil, um Ausmahlen zu vermeiden, nur etwa 30 mm lang sein. An ihn schließt sich ein Führungsteil an, dessen Gewinde etwa $^1/_2$ mm weniger Durchmesser haben soll. Wenn das Gewinde im Eisenblech geschnitten wird, führt sich das Werkzeug mit seiner vorderen glatt zylindrischen Verlängerung in dem entsprechenden Loch der Feuerkiste. Wenn das Gewinde in dieser geschnitten wird, läuft es in dem fertigen Gewinde des Eisenbleches mit einem Führungsgewinde.

Viele Verwaltungen schreiben kegelförmiges Gewinde vor, um die Stehbolzen mit einer gewissen Keilwirkung festziehen zu können. Dichthalten des Gewindes muß aber auch bei zylindrischer Ausführung erreichbar sein. Bei der Herstellung kegelförmiger Gewinde ist es störend, daß der Gewindeschneider nicht durchgeschraubt werden kann, sondern, wenn der gewünschte Durchmesser erreicht ist, wieder zurückgeschraubt werden muß. Hiermit ist aber die Bildung eines Ansatzes verbunden, der seinerseits wieder Undichtigkeiten begünstigt.

t) Die Herstellung und der Einbau der Stehbolzen.

Der Baustoff für Stehbolzen ist in Deutschland überwiegend Stangenkupfer. Man verlangt eine Festigkeit von 22 kg und eine Dehnung von 38 %. Häufig und mit Erfolg ist Mangankupfer versucht worden. Man beschränkt seine Anwendung wegen der erschwerten Bearbeitung und des höheren Preises im allgemeinen auf die oberen Reihen, die der Bruchgefahr mehr ausgesetzt sind. Ein anderes Mittel, die Gefahr des Bruches, der stets unmittelbar an den Wänden auftritt, zu vermindern, ist dieses, daß man durch zweckmäßige Wahl der Bolzenform dessen Biegungslinie günstiger gestaltet. Diese hat beim einfach zylindrischen Bolzen in der Nähe der Einspannungsstelle sehr kleine Krümmungsradien, also hohe Spannungen. Schnürt man den Bolzen nach der Mitte zu ein, so läßt sich eine bessere Verteilung der Biegungshalbmesser und Spannungen erzielen, wenn sich die Einspannungsstellen infolge der Wärmeausdehnung der Wände gegeneinander in der Höhenrichtung verschieben. Aber auch derartige Bolzen erfordern, mag der angedeutete Zweck nun so oder so erreicht sein, eine vermehrte und verteuerte Bearbeitung, so daß man ihnen selten begegnet; ganz zu schweigen von den teuren gelenkigen Ausführungsformen.

Die Bearbeitung der Stehbolzen erfolgt durchweg auf Spezialmaschinen. Abb. 33 zeigt eine solche, ausgeführt von der Werkzeugmaschinenfabrik von Ernst Schieß in Düsseldorf. Die in geteilten Bronzeschalen gehaltene, stählerne Hauptspindel ist auf 45 mm Durchmesser durchbohrt. Zum Drehen und Gewindeschneiden ist ein Support mit Leitlineal zum Konischdrehen vorgesehen. Die Meißel werden in runden Stahlhaltern geführt, die in der Längsrichtung, entsprechend den Längenabmessungen der Stehbolzen verstellt werden können. An der Gewindeschneideseite des Supportes sind außerdem noch Anschläge für die Gewindestärke vorgesehen. Ist der Bolzen abgedreht, so wird der Support um 180° gedreht, und die beiden Gewindeschneidstähle treten in ihre Arbeitsstellung. Zum Abstechen ist ein zweiter Support vorgesehen. Das

Gewindeschneiden erfolgt durch Leitspindel und Wechselräder; das Langdrehen durch Stufenscheibe, Ritzel und Zahnstange. Der Support kann mittels Zahnstange schnell verstellt werden.

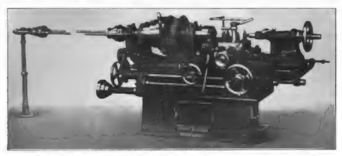


Abb. 33. Maschine zur Herstellung von Stehbolzen (Werkzeugmaschinenfabrik Ernst Schieß).

Die Anbohrungen in der Achse der Stehbolzen werden mit raschlaufender Bohrmaschine hergestellt. Abb. 34 zeigt eine doppelte Steh-

Abb. 34. Bohrmaschine zur Herstellung der Stehbolzenbohrungen (Werkzeugmaschinenfabrik Ernst Schieß).

bolzenbohrbank der Werkzeugmaschinenfabrik Ernst Schieß. Sie gestattet, die Bohrungen von beiden Seiten her gleichzeitig auf eine gewisse durch die Anschläge bestimmte Tiefe herzustellen. Die beiden zylindrischen Spiralbohrer werden durch Anziehen der Muttern einachsig eingespannt. Der

Digitized by Google

Stehbolzen liegt fest in einem Schraubstock. Die Spindelkasten werden durch Zahnstange und Ritzel von Hand leicht hin und her bewegt. Der Anpressungsdruck erfolgt durch Gewicht.

Vor dem Einschrauben der Stehbolzen müssen die Gewinde in den Löchern gereinigt werden. Hängengebliebene Spänchen würden bedenkliche Stauchwirkungen hervorbringen können. Die Reinigung erfolgt mit Drahtbürsten. Ein sehr rasch arbeitendes und zuverlässiges, aber teures, darum meist verpöntes Mittel ist Preßluft.

Die Stehbolzen werden mittels geschlossener Mutter und auf diese aufgesetzten Doppelhebels eingeschraubt. Zur Erleichterung der Arbeit werden die Bolzen eingeölt; hierzu darf nur bestes Rüböl verwendet werden, um schädliche Wirkungen auf das Blech zu verhüten. Zuweilen setzt man, um das Öl unschädlich zu machen, dem Wasser beim ersten Anheizen Soda zu. Manche Verwaltungen verbieten dies jedoch und wollen die Kesselreinigung nur durch Ausblasen ausgeführt wissen. Die überstehenden Stehbolzenenden werden auf das zum Anstauchen des Kopfes erforderliche Maß abgemeißelt, besser, um Erschütterungen zu vermeiden, mit besonderem Werkzeug abgeschnitten. Erschütterungen sind zu vermeiden, weil sie die benachbarten Gewinde schädigen. Vollkommen werden diese vermieden, wenn die Stehbolzen von vornherein die genaue Länge haben. Das erfordert aber größere Sorgfalt beim Einschrauben, denn jeder Stehbolzen paßt dann nur für eine oder einige bestimmte Reihen, da der Wandabstand von unten nach oben zunimmt. Auch muß das Werkzeug zum Eindrehen sorgfältig durchgebildet sein, um das kurze gegen Schluß des Eindrehens noch hervorragende Stehbolzenende noch sicher fassen zu können.

Zuweilen dreht man die Bolzen mit Maschinenkraft ein, und zwar mit ortsbeweglichen elektrisch betriebenen Vorrichtungen, wie sie auch zum Bohren der Löcher verwendet werden. In diesem Fall muß aber so lange von Hand eingedreht werden, bis sich der Arbeiter überzeugt hat, daß der Bolzen mit seinem Gewinde das Muttergewinde in der Feuerbuchse gefaßt hat. Läßt man diese Vorsicht außer acht, so läuft man Gefahr, daß der maschinell angetriebene Bolzen, statt sich in das Muttergewinde hineinzuschrauben, die Kupferwand nach innen fortdrückt.

Der Überstand des Stehbolzens an Innen- und Außenseite dient zum Anstauchen eines Kopfes. Er ist innen unbedingt erforderlich, um eine gerundete Form zu schaffen, die dem Feuer möglichst wenig Angriffspunkte bietet. Die Ansichten, ob dieser Kopf massig, wie ein Nietkopf ausgebildet werden soll oder nur niedrig als schwache Wölbung, sind geteilt. Im ersteren Fall brennt der Kopf ziemlich bald wegen des größeren Wärmestaus auf die niedrige Form nieder; bis zu diesem Zeitpunkt hat man aber im Kopfe das erforderliche Material zum Abstemmen und Nachdichten, wenn Undichtigkeiten auftreten sollten, was bei der niedrigen Form nicht immer der Fall ist. Keinesfalls soll der Zweck des Kopfes der sein, den neueingezogenen Bolzen zu dichten, vielmehr soll das Gewinde so genau ausgeführt sein, daß es selbst dichtet. Darum hat es Zeiten gegeben, in denen man vom Anstauchen eines Kopfes an der Außenseite, wo die Feuerwirkung fortfällt, überhaupt absah.

Man staucht die Köpfe mit Preßluft an. Das Staucheisen hat einen Dorn, mit dem es sich in der Stehbolzenbohrung führt. Hierdurch wird

gleichzeitig verhindert, daß sich diese Bohrung durch das Anstauchen zusetzt. Es ist nicht etwa wie ein Schelleisen ausgebildet, das den ganzen Nietkopf auf einmal herstellt, sondern es bedeckt nur einen Streifen, so daß der Kopf unter stetem Drehen des Werkzeuges entsteht. Auf diese Weise kann der einzelne Schlag mit geringerer Heftigkeit geführt werden, und schädliche Erschütterungen des Gewindes werden vermieden. In dieser Beziehung bietet übrigens das weichere Kupfer Vorteile gegenüber den eisernen Stehbolzen. Daß beim Anstauchen des Kopfes Preßluftwerkzeuge zulässig erscheinen, beim Abschneiden der Stehbolzen (vgl. oben) aber nicht, liegt daran, daß beim Anstauchen die Schläge in Richtung der Bolzenachse, nicht quer zu ihr und zum Gewinde geführt werden. Betont muß werden, daß wegen der immerhin noch ziemlich starken Erschütterungen nicht etwa das Gewinde der Deckenstehbolzen, dessen Herstellung sogleich besprochen werden soll, gleichzeitig geschnitten werden darf.

Die Bearbeitung eiserner Seitenstehbolzen und ihre Einbringung bietet nichts besonders Abweichendes.

Während die Stehbolzenköpfe angestaucht werden, werden zweckmäßig die Deckenstehbolzenlöcher schon zur Erzielung vollkommener Einachsigkeit aufgerieben. Um dieses möglich zu machen, muß dann freilich der Kessel vor Vornahme jener Arbeiten aus der Rücken- in die Seitenlage überführt werden. Das Gewinde darf, wie oben angedeutet, erst geschnitten werden, wenn die Staucharbeiten beendet sind. Zum Gewindeschneiden in den Löchern der Deckenstehbolzen stellt man den Kessel am besten in natürlicher Stellung auf, damit die Späne leichter aus den Bohrlöchern herausfallen, und der Gewindeschneider den Vorschub in einfachster Weise durch sein Gewicht erhält. Der Gewindeschneider hat wieder eine lange zylindrische Verlängerung, mit der er sich im Loch der Feuerkiste führt, wenn in das zugehörige Loch der Stehkesseldecke Gewinde geschnitten wird. Ist dieses fertig, so wird das Werkzeug so weit nach unten verstellt, daß das Gewinde in der Feuerkistendecke geschnitten wird. Gleichzeitig führt sich ein höherliegender Gewindeteil in dem eben geschnittenen Gewinde der Stehkesseldecke. Das Werkzeug muß wegen seiner großen Länge mehrteilig sein und darum ist das eine Gewinde nicht die geometrische Fortsetzung des anderen. Hierauf muß beim Schneiden des Gewindes am Deckenstehbolzen selbst in später zu besprechender Weise Rücksicht genommen werden, damit er sich eindrehen läßt und durch das Eindrehen kein Verspannen der Decken gegeneinander verursacht wird.

Die Deckenstehbolzen sind stets aus Eisen. Die Verstärkungen an den Enden werden entweder in der Weise erzeugt, daß ein Rundeisen, das diese Stärke durchlaufend besitzt, im mittleren Teil abgedreht oder durch Schmieden gestreckt wird. Am schnellsten und wirtschaftlichsten aber geschieht die Herstellung auf der Schmiedepresse in der Weise, daß die Verstärkungen an den Enden angestaucht werden. Freilich ist für die Wirtschaftlichkeit Vorbedingung, daß die Schmiedepresse vollkommen ausgenutzt wird; sie wird sich nur in großen Betrieben erfüllen lassen.

Es wurde beschrieben, wie das Gewinde in den zusammengehörigen Löchern in Stehkessel- und Feuerkistendecke geschnitten wird, und es zeigte sich, daß das eine Gewinde im allgemeinen nicht die Fortsetzung

des andern sein wird. Gleichwohl soll sich aber der Deckenstehbolzen ohne Zwang in beiden Gewinden vorwärtsschrauben lassen. Das wird in eigentümlicher Weise dadurch erreicht, daß man sich für die Herstellung des Bolzengewindes eine Lehre nach dem eben geschnittenen Muttergewinde herstellt. Eine Spindel, die unten mit Gewinde versehen ist, wird durch das Loch in der Stehkesseldecke eingeführt und in das Muttergewinde der Feuerkistendecke eingeschraubt. Auf der Spindel befindet sich, in der Höhe verschiebbar und drehbar eine Hülse, die außen Gewinde trägt; diese Hülse wird in das Muttergewinde der Stehkesseldecke eingeschraubt und dann gegen die Spindel durch eine geeignete Vorrichtung festgestellt. Dann wird die Spindel mit festgestellter Hülse herausgeschraubt und dient nun als Leitspindel für die Gewindeschneidmaschine. Ein Muttergewinde ist in starrer Verbindung mit dem Support. Man führt es erst über das Gewinde der Spindel, dann über das der Hülse. Der Stahl schneidet dann offenbar ein Gewinde an den Bolzen, das genau zu denen in Stehkessel- und Feuerkistendecke paßt. Das Verfahren hat übrigens noch einen besonderen Vorteil. Wenn man nämlich das Gewinde in den beiden Decken von vorherein fortlaufend herstellt, so ist es möglich, daß sich trotzdem der Bolzen mit ebenfalls fortlaufendem Gewinde nachher nicht zwanglos einschrauben läßt, weil sich inzwischen die Wände infolge der Beanspruchung durch das fortgesetzte Gewindeschneiden gegeneinander etwas verzogen haben. Jene Lehre aber wird natürlich erst eingestellt, nachdem alle Gewinde fertiggestellt sind, so daß diese Quelle der Ungenauigkeit beseitigt ist. Es ist immer eine Lehre für alle Löcher erforderlich, die mit dem gleichen Gewindeschneider hergestellt sind.

Für das Aufreiben der Deckenstehbolzenlöcher und das Eindrehen der Deckenstehbolzen gelten die gleichen Regeln, wie für das Eindrehen der Seitenstehbolzen. Die Löcher sind zu reinigen. Zur Erleichterung des Eindrehens darf nur bestes Rüböl verwandt werden. Es ist genau darauf zu achten, daß die Gewinde in der Feuerkiste fassen und kein Verziehen der Decken eintritt. Sobald sich der Bolzen ungewöhnlich schwer drehen läßt, ist die Arbeit zu unterbrechen und der Ursache nachzugehen; ebenso, sobald der Bolzen mehr als handwarm wird. Um Verziehen der Decken gegeneinander zu verhüten, schraube man erst eine Reihe Stehbolzen in diagonaler Richtung über die Decke weg ein, um so eine Verankerung zu schaffen, und erst dann einen neben den andern. Im Innern der Feuerkiste überwacht ein Mann die Arbeit mit einer Lehre, die den Überstand angibt, bis zu dem der Bolzen über die Decke nach dem Feuerkasteninnern vortreten soll. Es sind das 27 mm, wenn nur eine Mutter, 32 mm, wenn Mutter mit Unterlagscheibe aufgebracht werden soll. Es ist nicht empfehlenswert, das Ende des Deckenstehbolzens in der Feuerkiste nur anzustauchen, wie dies bei den Seitenstehbolzen gebräuchlich ist, denn die Wärme ruft wechselnde Höhenverschiebungen der Decken gegeneinander hervor und infolgedessen große Neigung des Gewindes, in dem weichen Kupfer auszureißen. Die Folgen könnten sehr bedenkliche sein, wenn man nicht durch die Muttern eine weitere Unterstützung schaffen würde. Zuweilen schafft man eine weitere Sicherheit durch eine Mutter über der Decke. In der eisernen Manteldecke hat das Gewinde genügenden Halt. Sicherung durch Muttern ist

hier entbehrlich. Das Gewinde soll ohne jedes Hilfsmittel, wie kegelförmig drehen, verstemmen usw., dichten. Zum Schluß werden die oben überragenden Enden der Deckenstehbolzen unter der Kranbohrmaschine auf den beabsichtigten Überstand abgebohrt.

Über das Einschrauben der Queranker ist nach dem oben über Stehbolzen mitgeteilten nichts besonderes zu erwähnen.

u) Der Einbau der Stehkesselrückwand.

Der senkrechte Versteifungswinkel 13 ist vorläufig noch nicht mit der Stehkesselseitenwand verbunden. Da die Türwand mit angenietetem Winkel erst nach Einbringen der Feuerkiste eingesetzt werden konnte, so kann zum Nieten nicht von innen her gegengehalten werden. Die Verbindung muß also mit Stiftschrauben vorgenommen werden, deren überstehende Enden dann außen zu vernieten sind. Im Mantelblech sind die Bohrungen mit Untermaß, und zwar etwa mit einem Durchmesser von 20 mm schon vorgebohrt (vgl. S. 151) und s. Z. schon als Heftlöcher benutzt worden. Zunächst werden diese Löcher im Mantelblech kegelförmig aufgebohrt. Die kegelförmige Aufbohrung muß am Außenrand etwas abgerundet werden (s. Nebenabb. in Abb. 2c), der Bohrer, der hierauf die Löcher im Schenkel des Versteifungswinkels bohrt bzw. aufbohrt, wird mit einem entsprechenden kegelförmigen Teil in jener kegelförmigen Bohrung geführt. Gleichzeitig schabt er die Umgebung der Bohrung im Mantelblech leicht an, um eine saubere Anlagefläche für den Nietkopf der Stiftschraube zu schaffen. Die Stiftschrauben werden eingebracht und ihre Nietköpfe verstemmt.

v) Kleinere Arbeiten.

Es folgen eine ganze Reihe kleinerer Arbeiten, die ohne maschinelle Hilfsmittel ausführbar sind. Im allgemeinen wird der Kessel, um den für die vorbesprochenen Arbeiten bestimmten Platz zu räumen, in diesem Baustadium schon zum Prüfstand (vgl. später) überführt. Es werden hier Löcher für kleine Armaturen, z. B. für die Leitung zur Radflanschspritze und dergleichen geschnitten und mit Gewinde versehen, ebenso für Stiftschrauben, die hier und da am Kessel befestigt werden müssen. Ebenso werden die sogenannten Leuchtluken O_3 (Abb. 2b) geschnitten, die Gewinde für die Futter der Handluken hergestellt und diese eingeschraubt, sowie die Luken selbst eingebracht. Der Reglerkopf wird eingebracht; in seinem Flansche f (Abb. 2a) sind die Löcher für die Befestigungsschrauben schon gebohrt. Nach diesen werden die zugehörigen Löcher im Kesselblech vorgezeichnet, jener entfernt, die Löcher mit Preßluftwerkzeugen gebohrt, der Reglerkopf wieder eingebracht und verschraubt. In gleicher Weise wird der den oberen Teil des Doms nach unten abteilende Wasserabscheider W eingebaut. Der Dom wird in schon früher angedeuteter Weise aufgeschliffen und mit Schraubenbolzen befestigt.

w) Herstellung und Einbau der Heizrohre.

Gleichlaufend mit diesen Arbeiten können die Heizrohre eingebracht werden.

In Deutschland werden heute ausschließlich eiserne Rohre verwendet. In England findet man noch kupferne und gar Messingrohre. Auch

werden die Serveschen Rippenrohre nicht selten aus Messing gefertigt. Selbst kupferne, durch Hartlot mit dem Rohr verbundene Vorschuhe am Feuerbuchsende sind bei uns selten geworden, obwohl hier das Kupfer als nachgiebiges Material hinsichtlich des Einwalzens in die Rohrwand seine Vorteile hat. Auch für Heizrohre gibt man heute dem Flußeisen vor dem Schweißeisen den Vorzug; in Deutschland werden ferner nahtlose Rohre bevorzugt, um der Unsicherheit der Schweißnaht aus dem Wege zu gehen. Diese Schweißnaht macht allerdings eine gute Prüfung beim Anstauchen und Aufweiten der Rohrenden durch. Besonders die letztere Bearbeitung verträgt nur eine durchaus einwandfreie Schweißnaht, ohne aufzureißen. Das Einziehen der Rohre am hinteren Ende hat den Zweck, die Rohrlöcher in der kupfernen Rohrwand kleiner zu halten und auf diese Weise größere Stege zu erhalten, um diesen empfindlichsten Stellen der Rohrwände eine längere Lebensdauer zu geben. Es geschieht entweder dadurch, daß das Rohrende in ein Rundgesenk geschlagen wird oder dadurch, daß maschinell auf das Rohrende kalt mit großer Kraft ein Stauchring geschoben wird, der innen leichte Kegelform — 1 mm auf die Gesamtlänge — hat. Es entsteht hierbei eine sehr glatte Oberfläche des Rohres, so daß ein Schleifen dieser Stelle nicht erforderlich wird. Jedoch muß das Rohrende ausgeglüht werden. Das Aufweiten am vorderen Rohrende geschieht am zweckmäßigsten, d. h. mit größtmöglicher Schonung des Materials, durch Aufwalzen. Der Mantel des Rohres wird von zwei Walzen gefaßt, deren eine innerhalb und deren andere angetriebene außen liegt. Sobald sie in Drehung versetzt werden, dreht sich auch das Rohr um seine Längsachse, das Blech wird durch die Walzen gedehnt, woraus eine Erweiterung des Rohrendes folgt. Dieses Rohrende und ebenso das eingezogene, wenn es durch Schmieden bearbeitet wurde, wird auf einer besonderen Schleifmaschine geschliffen. Endlich wird das Rohr zwischen den Reitstöcken einer Prüfvorrichtung eingespannt und durch Wasserdruck von meistens 20 at geprüft.[1])

Die genaue Länge zwischen den Rohrwandaußenflächen ist an verschiedenen Stellen mit einem geeigneten Maßstab festzustellen, um hiernach die Rohre auf genaue Länge schneiden zu können. In manchen Fabriken bringt man die Rohre selbst ein, um durch eine Marke anzugeben, wieviel abgeschnitten werden muß. Dies Verfahren kann man wohl wegen seiner Umständlichkeit um so mehr verwerfen, als geringe Ungenauigkeiten, wie aus der Beschreibung der weiteren Arbeiten hervorgeht, nicht von Belang sind. Der gemessenen Länge wird ein Zuschlag von $7 + 3$ mm gegeben. Um 7 mm ragt das Rohr über die hintere Rohrwand hervor, um es bördeln zu können. An der vorderen Rohrwand verzichtet man heute meist auf Bördelung und gibt nur einen Sicherheitsüberstand von 3 mm, um die Abnutzung durch die Heizgase auszugleichen. Manche Verwaltungen schreiben Ankerrohre vor, d. h. verlangen, daß die Rohrenden einzelner Rohre in die Wände geschraubt werden sollen. Das Schneiden dieser Gewinde macht wegen der Nachgiebigkeit der langen

[1]) Eine übersichtliche Zusammenstellung der an Heizrohren auszuführenden Arbeiten und der hierzu erforderlichen Werkzeugmaschinen mit bildlichen Darstellungen der letzteren findet sich in „Eisenbahntechnik der Gegenwart“ zweiter Abschnitt, II. Troske, „Lokomotivwerkstätten und Kesselschmieden“ S. 804. Vgl. ferner Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1900, S. 124; 1901, S. 40 und 124; 1903, S. 80.

Digitized by Google

Rohre keine solchen Vorsichtsmaßregeln erforderlich, wie sie z. B. hinsichtlich der Deckenstehbolzen besprochen wurden. Übrigens läßt sich die Notwendigkeit dieser Ankerrohre kaum irgendwie rechnerisch oder durch die Erfahrung begründen.

Ist das Rohr von der Rauchkammerrohrwand her unter Beachtung der oben angegebenen Überstände eingebracht, so wird es eingewalzt, d. h. drei in einem kleinen Werkzeug, von dem Abb. 35 eine Ausführungsform zeigt, enthaltene Walzen werden durch eine dritte zwischen ihnen liegende Walze nach außen gegen das Rohr gepreßt. Dieses wird also seinerseits mit dem gleichen Druck an die Wandungen des Rohrloches gedrückt.

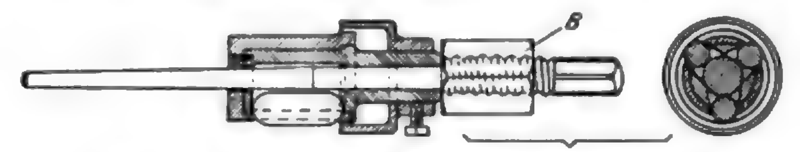


Abb. 35. Werkzeug zum Aufwalzen der Heizrohre.

Unter stetem Drehen werden die Walzen von Zeit zu Zeit nachgestellt, bis dichtes Anliegen erzielt ist. Die Mutterschraube *B* dient dazu, die kegelförmige Mittelwalze ohne Schlag und Stoß wieder zurückzuziehen und so das Werkzeug aus der Rohrmündung herausnehmen zu können.[1]) Überhaupt sind starke Erschütterungen bei diesen und den folgenden Arbeiten zu meiden, da die Abdichtung der Rohre leicht unter ihnen leidet. Aus diesem Grunde ist auch das vor Jahrzehnten übliche Aufdornen der Rohre vollständig durch das beschriebene Aufwalzen verdrängt worden.

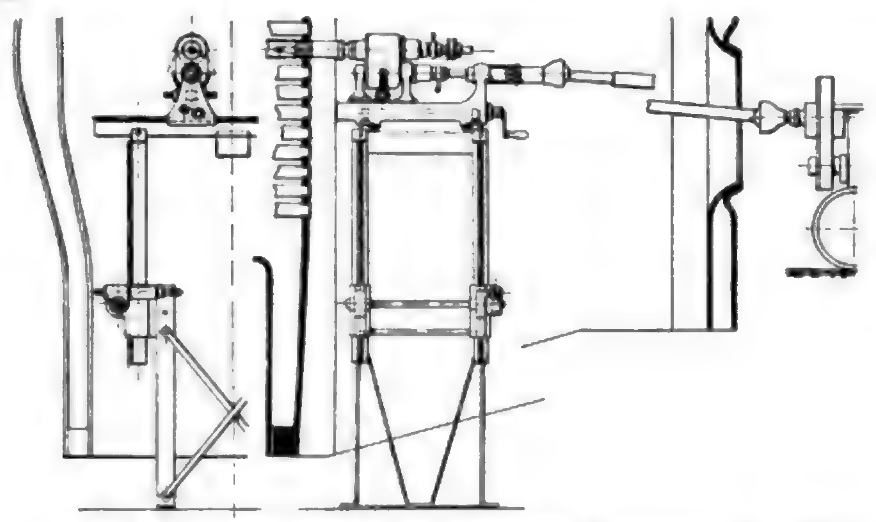


Abb. 36. Aufwalzmaschine für Heizrohre mit elektrischem Antrieb (Werkzeugmaschinenfabrik Collet & Engelhard).

Auch das Aufwalzen der Heizrohre wird hin und wieder maschinell ausgeführt. Abb. 36 zeigt die Anordnung für Antrieb durch einen Elektromotor, und zwar für das Aufwalzen an der Feuerkistenrohrwand, nach

[1]) Die Abb. ist entnommen aus „Richard, la chaudière locomotive et son outillage". Paris 1886. Es soll nicht versäumt werden, an dieser Stelle auf dieses besonders auch hinsichtlich der Werkzeugmaschinen sehr ausführliche Werk hinzuweisen. Leider ist es seit 1886 nicht neu aufgelegt worden.

Digitized by Google

Ausführung der Firma Collet & Engelhard und gibt gleichzeitig ein Bild der im Lokomotivbau zu verschiedenen Zwecken benutzten und im Verlauf dieser Arbeiten häufig erwähnten ortsbeweglichen Werkzeugmaschinen.

Um das Rohr am Feuerkistenende bördeln zu können, wird es zunächst mit dem in Abb. 37 dargestellten Bördeleisen *B* in der dort angedeuteten Weise aufgeweitet und dann mit dem Kugelhammer, dessen Kopf *K* die Abb. ebenfalls zeigt, gebördelt. Das Kehleisen der Abb. 38 gibt dann dem Bördel eine saubere und gleichmäßige Form. Mit der Fläche *F* des Schwanzstückes führt man das Kehleisen an der Innenwand und vermeidet so ein Einarbeiten der Kante *K* in die Rohrwand, wodurch ein erster Anlaß zu Abzehrungen an dieser Stelle gegeben würde. Der am Außenrand des Bördels gebildete Grat wird mit dem Gratmeißel entfernt. Über die Stärke des Bördels und im Zusammenhang damit über die Größe des oben zu 7 mm angegebenen Überstandes ist ähnliches zu sagen, wie über die Größe der Stehbolzenköpfe. Stärkere Bördel können länger nachgekehlt werden, wenn die anfängliche Form durch Abbrand verloren gegangen ist, aber sie bieten, stärker aus der Ebene der Rohrwand hervortretend, den heißen Gasen auch eine größere Angriffsfläche.

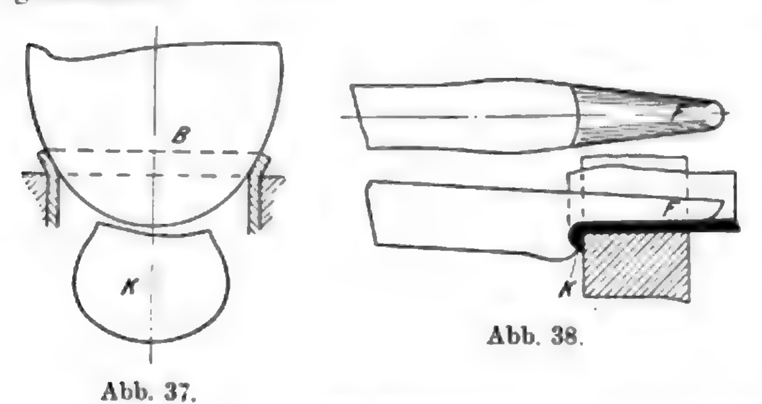


Abb. 37. Abb. 38.

Bördeln der Heizrohre.

Von abweichenden Arbeitsverfahren sei nur erwähnt, daß die Rohre zuweilen erst, wenn sie in den Kessel eingebracht sind, auf Länge geschnitten werden.

Verwendet man eiserne Feuerkisten, so muß zwischen Rohr- und Lochwand eine dünne Kupfermanschette als Dichtungsmittel eingewalzt werden. Manch Mißerfolg mit flußeisernen Feuerkisten mag in der Nichtbeachtung dieser Bauregel seine Erklärung finden. Vom Einziehen von Brandringen, die das in der Kupferwand steckende Rohrende vor den hohen Temperaturen und den starken Temperaturschwankungen schützen und so sein Undichtwerden durch die wechselnde Ausdehnung vermeiden sollen, sieht man hierzulande meist ab, weil man die starke Verminderung des freien Siederohrquerschnittes und die auf diese Weise verschlechterte Verbrennung fürchtet.

x) Die Druckprobe.

Jetzt endlich, nachdem alle sonstigen Arbeiten, die der Druckprobe vorangehen müssen, beendet sind, werden alle Dichtungsflächen für Linsendichtungen, also z. B. an der Öffnung für das Dampfeinströmungsrohr in der Rohrwand, an den Lukenwarzen usw., deren endgültige Fertigstellung, wie an den betreffenden Stellen erwähnt, noch hinausgeschoben wurde, mit dem Tellerfräser von Hand bearbeitet.

Digitized by Google

Die Armaturen, die zur Druckprobe erforderlich sind, also vor allen Dingen der Armaturstutzen, werden angebracht; die übrigen Öffnungen, die später dem Armaturanschluß dienen, werden durch Blindflansche geschlossen. Der Kessel wird, damit Undichtigkeiten nachher nicht übersehen werden können, durch Scheuern vom Zunder befreit und an den Stemmkanten befeilt. Mit diesen Nacharbeiten wird eine genaue Prüfung aller Stemmkanten, Niete usw. verbunden und erforderlichenfalls nachgebessert.

Der Kessel wird mit Wasser gefüllt, wobei für restloses Entweichen der Luft Sorge zu tragen ist. Ihre Anwesenheit ist weniger wegen ihrer explosiven Wirkung im Falle irgend eines Bruches gefährlich, denn so bedeutende Luftmengen können bei der heutigen Bauart der Kessel nur bei ganz grober Fahrlässigkeit zurückbleiben, als vielmehr deshalb, weil sich Undichtigkeiten dort, wo Luft ist, nicht durch Auftreten von Wassertropfen bemerkbar machen können. Zuweilen verwendet man warmes Wasser und führt als Begründung an, daß warmes Wasser besser durch Undichtigkeiten hindurchgeht. Man wird vielleicht einen ferneren Vorteil darin erkennen können, daß bei der vorherigen Erwärmung, wenn sie weit genug getrieben wird, außerhalb des Kessels Luft ausgeschieden wird. Es wird also die Unannehmlichkeit beseitigt, daß solche Luftausscheidungen mit den oben besprochenen Folgeerscheinungen im Kessel selbst vor sich gehen. Ferner dürfte es günstig sein, daß der Kessel durch die Erwärmung dem Zustand genähert wird, der beim späteren Betriebe die Regel ist.

Der Druck wird durch Handpumpen erzeugt und am Kontrollmanometer abgelesen. Von der Verwendung übertrieben hoher Prüfungsdrücke ist man heute allgemein zurückgekommen, weil sie keine gesteigerte Gewähr für die Güte der Ausführung bieten, vielleicht sogar schädlich wirken. Während der Kessel unter Druck steht, werden die Stellen angemerkt, an denen Wasserperlen sichtbar werden. Um diese Feststellung zu erleichtern, muß der obenerwähnte Verschluß von Öffnungen mit Blindflanschen und der Anschluß des Manometerstutzens mit aller Sorgfalt geschehen. Man beobachtet nur zu häufig, daß diese Arbeiten, weil nur vorläufig vorgenommen, flüchtig ausgeführt werden. Das z. B. an der Stehkesselwand herunterrinnende Wasser macht es dann aber unmöglich, zu erkennen, ob an diesem oder jenem Stehbolzen Tropfen austreten.

Wenn auch von einer Gefahr bei einer Druckprobe nicht gesprochen werden kann, und Zwischenfälle, wie sie sich früher hin und wieder ereigneten, heute kaum jemals vorkommen, so mache man es sich doch zur Regel, die gefundenen Schäden nicht etwa durch Stemmen oder dergl. nachbessern zu wollen, während der Kessel unter dem hohen Prüfungsdruck steht; zum mindesten soll die Spannung hierbei auf den Betriebsdruck vermindert werden.

Nach der Druckprobe wird das Wasser abgelassen, um am Kessel arbeiten und ihn demnächst bequemer einer anderen Werkstattsabteilung zuführen zu können.

y) Die Dampfprobe.

Nach Ausführung der Nacharbeiten und Anbringung der für die Dampfprobe erforderlichen Armaturen, also vor allen Dingen des Wasserstandes und der Sicherheitsventile verläßt der Kessel auf dem Kessel-

Digitized by Google

wagen die Kesselschmiede. Da er nach dem Anheizen nicht wieder zur Kesselschmiede zurückkehrt, so legt man den Anheizstand zweckmäßig in einen Anbau der Montagehalle, in der dann der Zusammenbau von Kessel und Rahmen vorgenommen wird. Die Reihenfolge der Arbeiten ist nun die, daß der Kessel auf dem Wege zum Anheizstand zunächst in der Halle für den Zusammenbau vorübergehend zur Vornahme gewisser, im nächsten Abschnitt zu besprechender Messungen, auf den Rahmen niedergelassen wird (vgl. S. 187). Sind die Messungen erledigt, so wird er weiter zum Anheizstand geschafft und dort geheizt. Da der Schornstein erst später nach Einbau des Blasrohres angebaut werden kann und zu dem in Rede stehenden Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung sein wird, so wird im Anheizraum ein nur für diesen Zweck bestimmter Schornstein vorübergehend auf die Rauchkammer aufgesetzt. Dieses erstmalige Anheizen soll nicht durch künstliche Mittel übermäßig beschleunigt werden. Die Prüfung erfolgt bei dem Druck, für den der Kessel bestimmt ist.

Als Schutzmittel gegen äußere Anrostungen werden Teer oder Menniganstrich benutzt. Sie scheinen sich hinsichtlich ihrer Wirksamkeit die Wage zu halten. Entscheidet man sich für den ersteren, so nimmt man ihn vor, wenn der Druck auf etwa 2 at gesunken ist. Der Teer ist bei der zugehörigen Temperatur so dünnflüssig, daß er sich innig mit der Oberfläche des Eisens vereinigt, „in seine Poren eindringt". Menniganstrich wird erst nach Erkalten des Kessels aufgebracht.

Zum Schluß wird der Kessel abgeblasen, um Unreinigkeiten, die bei der Herstellung unvermeidlicherweise hineingelangen, zu entfernen. Man darf nicht den ganzen Kesselinhalt ausblasen, um eine zu starke Abkühlung zu vermeiden. Vielmehr blase man nur etwa bis zum tiefsten Wasserstand ab. Ist der Kessel abgekühlt, so entleert man ihn. Er ist damit zur Aufbringung auf den Rahmen fertiggestellt. Einige Kesselarbeiten, wie das Aufbringen der Bekleidung, das Einbringen der Dampfeinströmungsröhren usw. werden erst vorgenommen, wenn der Kessel auf dem Rahmen steht und sollen darum erst in dem nächsten Abschnitt besprochen werden.

z) Der Brotankessel.

Von den vielen Bestrebungen, die übliche Bauart des Lokomotivkessels wegen der Kostspieligkeit der Feuerkiste in Anschaffung und Unterhaltung, durch Besseres zu ersetzen, scheint neuerdings die Bauart „Brotan" von Erfolg gekrönt zu sein, welche in zwei Ausführungsarten, nämlich mit oder ohne oberen Dampfsammler *D* hergestellt wird (Abb. 39 u. 40). Die erstere, auch ursprüngliche Bauart, findet Verwendung bei kleineren Kesseln und niedriger Lage der Kesselmittellinie. Die zweite Bauart wird angewandt, wenn der Langkesseldurchmesser 1400 m überschreitet. Die Ausführung der Feuerkiste selbst ist in beiden Fällen dieselbe. Ihre Herstellung weist gegenüber dem Bau gewöhnlicher Lokomotivkessel bemerkenswerte Eigentümlichkeiten auf, die eine Besprechung erheischen.

Die hintere ebenso wie die seitlichen Feuerkistenwände werden aus dicht nebeneinander liegenden nahtlosen Mannesmann-Stahlröhren von gewöhnlich 95 mm äußerem Durchmesser und 5 mm Wandstärke gebildet, die unten in ein Grundrohr aus Stahlguß und oben in einen aus Fluß-

Digitized by Google

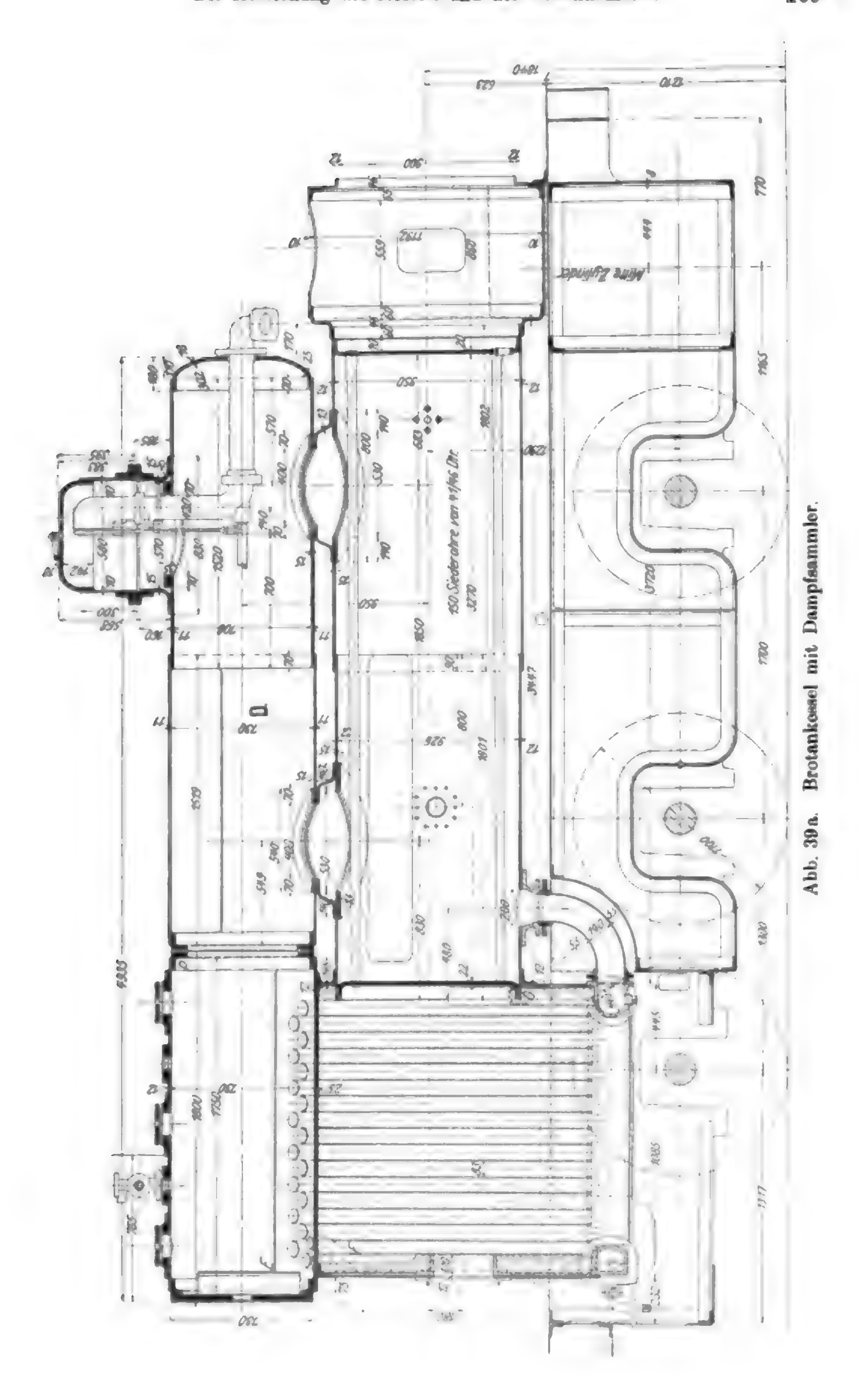


Abb. 39a. Brotankessel mit Dampfsammler.

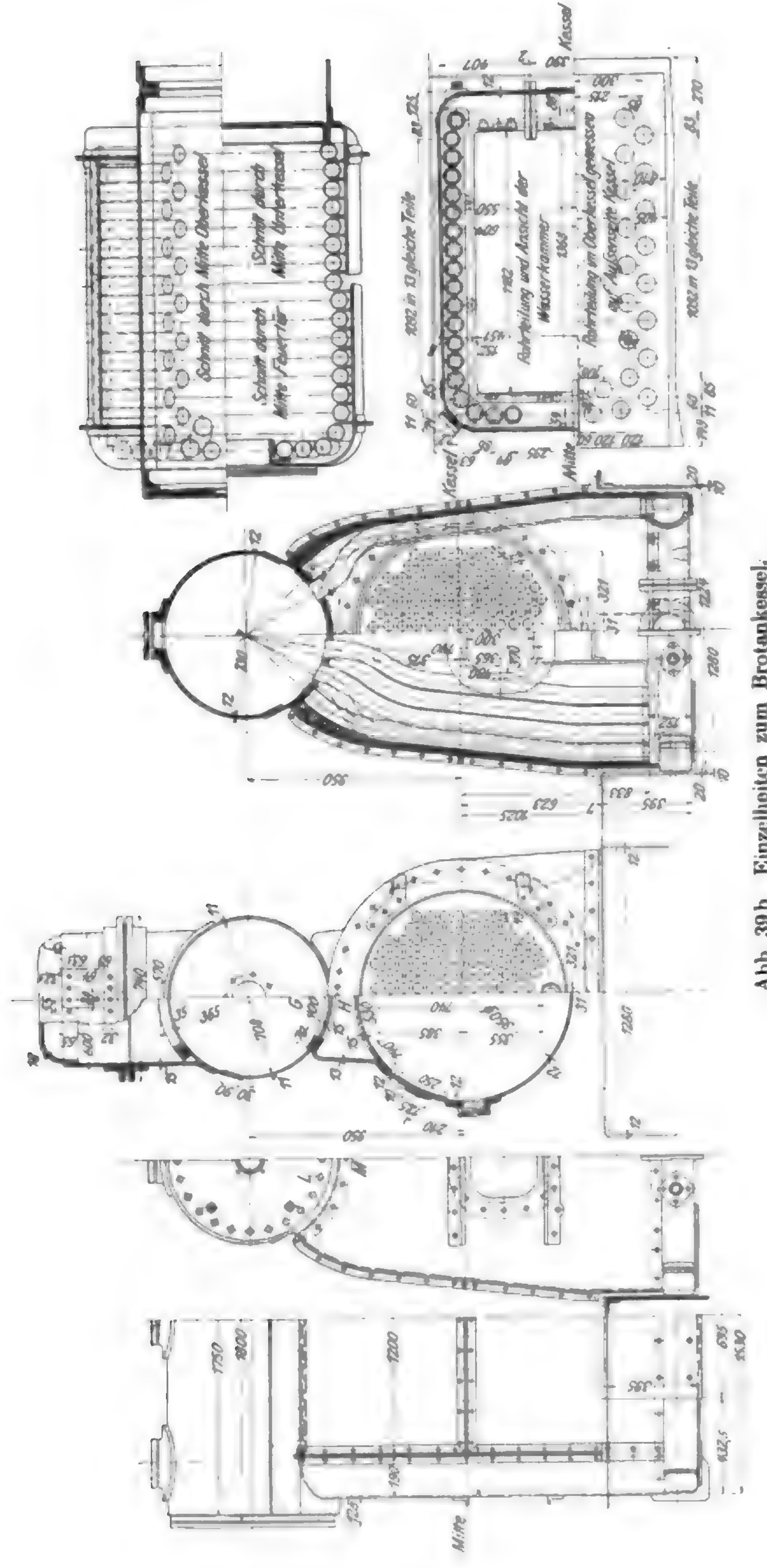


Abb. 39b. Einzelheiten zum Brotankessel.

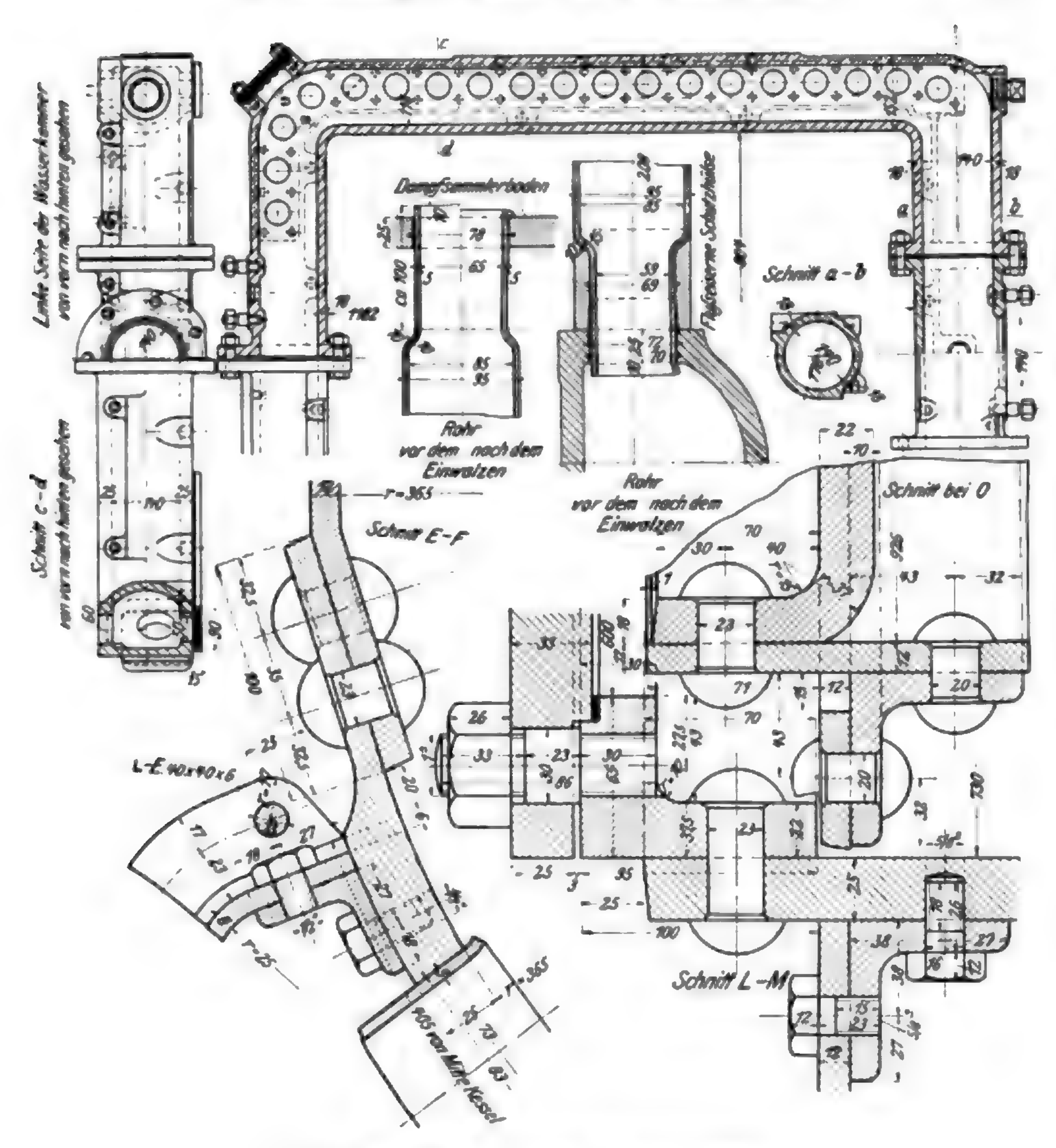


Abb. 39 c. Einzelheiten zum Brotankessel.

eisenblechen genieteten oder geschweißten Dampfsammler eingewalzt werden. Zu diesem Zwecke sind die Rohre unten stets, meistens auch an den oberen Enden, auf einen kleineren Durchmesser eingezogen, damit zwischen den Einwalzbohrungen ein genügender Steg verbleibt. Abb. 39c zeigt die übliche Befestigung der Rohre im Dampfsammler und Grundrohre. Die überstehenden Enden werden nach dem Aufwalzen der Rohre oben umgebördelt, während sie unten nur kegelförmig aufgetrieben werden.

Abb. 41 und 42 stellen die Rohrdichtmaschine sowie die Vorrichtung zum kegelförmigen Auftreiben der überstehenden Enden dar. Beide Maschinen sind so bemessen, daß sie durch die im Grundrohrboden unter jedem Wasserrohr vorgesehenen Öffnungen von 50 mm Durchm. eingeführt werden können. Das Umbördeln der oberen Rohrenden geschieht von Hand.

Die Wasserrohre werden aus bestem Siemens-Martin-Stahl hergestellt und weisen eine Festigkeit von 36 bis 42 kg bei mindestens 20 % Dehnung

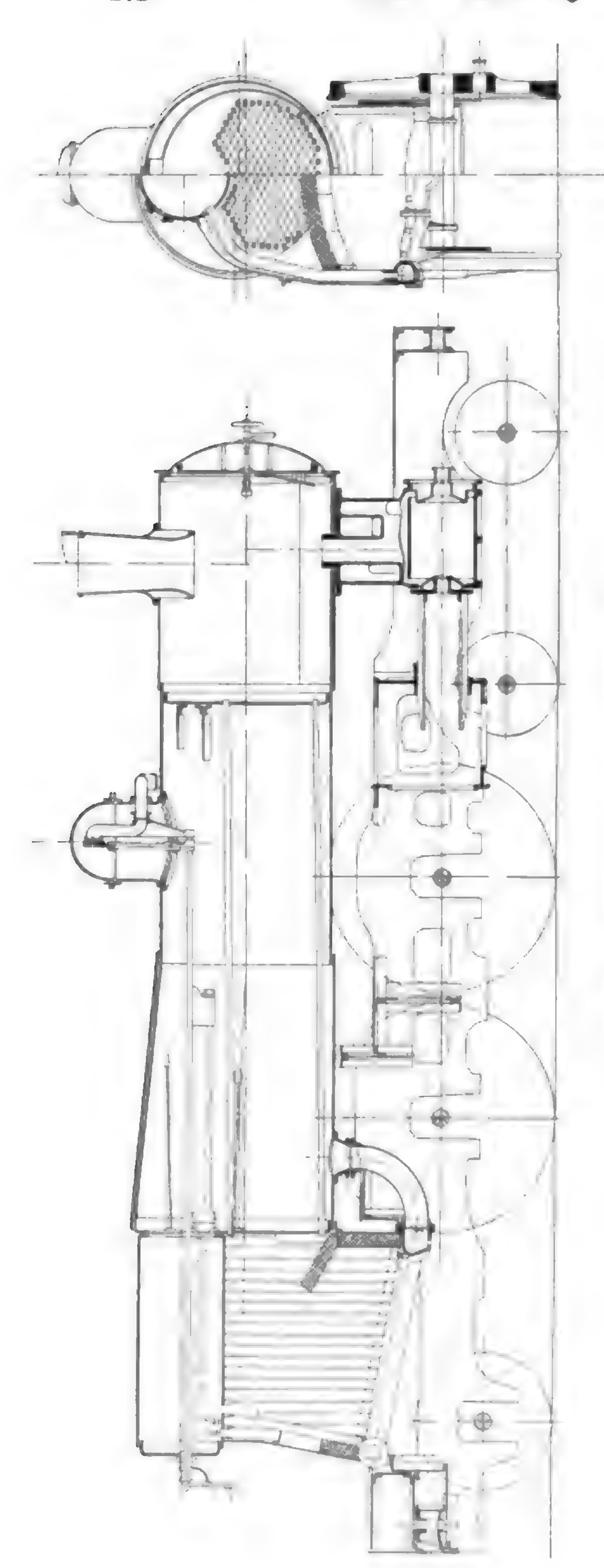


Abb. 40. Brotankessel ohne Dampfsammler.

auf. Sie werden im Holzkohlenfeuer genau nach Schablonen gebogen, kalt nachgerichtet, vorsichtig ausgeglüht und schließlich vor dem Einziehen in den Kessel auf 50 bis 60 at Wasserdruck geprüft.

Das Einsetzen der Rohre geschieht vom Innern der Feuerkiste aus. Jedes Rohr wird zuerst mit dem oberen Ende soweit in das entsprechende Loch des Dampfsammlers gesteckt, bis das untere Ende in die entsprechende Bohrung des Grundrohres eingeführt werden kann. Sodann werden die Enden aufgewalzt. Schadhafte Rohre können auf diese Weise später einzeln vom Innern der Feuerkiste her ausgewechselt werden, indem man sie durch eine in Abb. 43 dargestellte Rohrschneidemaschine an den Enden abschneidet oder auch an dieser Stelle einfach abkreuzt, die alten Rohre sowie die eingewalzten Enden entfernt, die Bohrungen, wenn nötig, etwas aufreibt, und die neuen Rohre einzieht, ohne daß dazu ein Abbau des Kessels oder längere Außerbetriebsetzung der Lokomotive notwendig wird.

Das Grundrohr aus Stahlguß, das beim Brotankessel die Stelle des schmiedeeisernen Grundringes des Lokomotivkessels üblicher Bauart einnimmt und wie dieser der Neigung des Rostes folgt, führt den Wasserrohren aus dem Langkessel, mit dem es durch einen Krümmer verbunden ist, frisches Wasser als Er-

Digitized by Google

satz für das in den Wasserrohren verdampfte zu. Auf diese Weise entsteht ein äußerst lebhafter Wasserumlauf, der das Anbrennen von Kesselstein erschwert und die Dampfbildung sowie das Aufsteigen der Dampfblasen begünstigt.

Das Grundrohr hat einen D-förmigen Querschnitt von etwa 160 mm Höhe und Weite, ist an den Seiten mit Angüssen zur Aufhängung der Feuerkiste an den Lokomotivrahmen, hinten mit solchen zur Befestigung der Schlingerstücke und vorn für den Kesselablaßhahn versehen. Der Aschkasten sowie die Roststabträger werden ebenfalls am Grundrohr in geeigneter Weise befestigt.

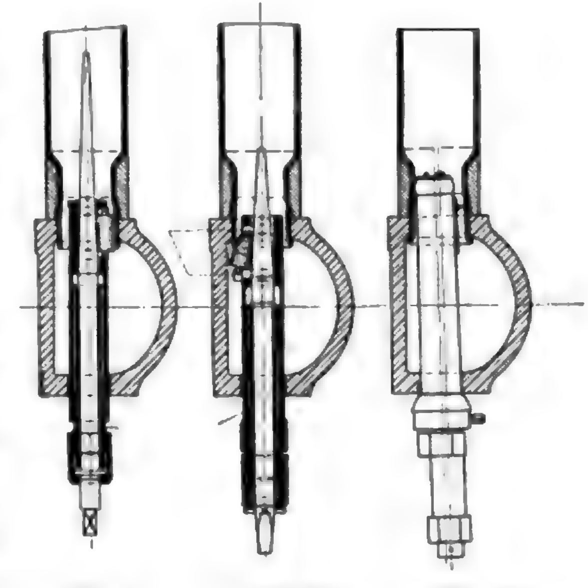


Abb. 41. Werkzeug zum Einwalzen der Wasserrohre.

Abb. 42. Werkzeug zum kegelförmigen Aufwalzen der Wasserrohre.

Abb. 43. Werkzeug zum Abschneiden der Wasserrohre.

An den vier Ecken des Grundrohres und auf dem Dampfsammler sind Auswaschluken vorgesehen. Durch diese werden die Rohre mittels Drahtbürsten oder Schrappern und Wasserstrahl leicht und gründlich gereinigt. Der sich im Grundrohr ansammelnde Schlamm wird dann aus diesem ebenfalls mittels Wasserstrahles durch die obenerwähnten vier Eckluken entfernt. Durch den Fortfall der Stehbolzen und sonstigen Versteifungen werden diese Reinigungsarbeiten außerordentlich erleichtert.

Das ganze Wasserrohr-System wird außen mit 6—10 mm starken Blechen verschalt. Zur Isolierung wird der Raum zwischen den Rohren und dieser Verschalung durch Asbest-Matratzen ausgefüllt, während in die 1—2 mm betragenden Fugen zwischen den Rohren, wie bei den Marinewasserrohrkesseln, Asbest-Schnüre eingestemmt werden.

Beim Brotankessel mit Dampfsammler hat der Langkessel einen kleineren Durchmesser, ist aber ganz mit Heizrohren ausgefüllt. 2—3 Verbindungsstutzen, welche verschieden ausgeführt werden können, ermöglichen dem sich im Langkessel entwickelnden Dampfe das Aufsteigen in den Dampfsammler. Der mittlere Wasserstand reicht gewöhnlich bis zur Mitte dieses.

Beim Brotankessel ohne Dampfsammler (Abb. 40) zeigt der Langkessel die übliche Bauart. Der hintere Schuß wird jedoch kegelförmig erweitert. Infolgedessen kann der Vorkopf, in den die Wasserrohre eingewalzt werden, unmittelbar an die Rohrwand, die den Langkessel nach hinten abschließt, angeschlossen werden. Statt eines können auch zwei Vorköpfe von kleinerem Durchmesser eingebaut werden.

Der Brotankessel in beiden Ausführungen bietet, bei gleichem Gewicht, dem üblichen Lokomotivkessel gegenüber den Vorteil der größeren und wirksameren direkten und indirekten Heizfläche und des größeren

Wasser- und Dampfraumes. Die Herstellungskosten sind besonders bei Anwendung der zweiten Bauart geringer.

Die österreichische Staatsbahn hat z. B. zehn Lokomotiven verschiedener Bauart mit Brotankessel im Betrieb, um hochschwefelhaltige dalmatinische Braunkohle verfeuern zu können, unter der die Feuerkisten üblicher Bauart stark litten. Aus den erfolgten Nachbestellungen darf auf Bewährung geschlossen werden.[1])

Auch die preußische und andere Bahnverwaltungen machen mit der neuen Bauart Versuche.

2. Die Herstellung des Rahmens und der Zusammenbau.

a) Baustoff, Formgebung und Bearbeitung der Bleche.

In Europa werden fast ausnahmslos Blechrahmen verwendet. Wegen der zahlreichen Aussparungen und Ausschnitte, die zur Gewichtsersparnis, zur Aufnahme der Achslagerkästen und, um den Raum zwischen den Rädern übersichtlich zu erhalten, erforderlich sind, kann seine Form den Beanspruchungen, die sich in ziemlich verwickelter Weise aus den Dampfdruckkräften am Zylinder, den Achslagerdrücken, dem auf die Gleitbahn ausgeübten Kreuzkopfdruck und der Gewichtsbeanspruchung durch den Kessel zusammensetzen, nur in sehr unvollkommener Form angepaßt werden. Desto sorgfältiger muß hinsichtlich Wahl des Baustoffes vorgegangen werden. Man wähle weiches Flußeisen mit hoher Dehnungsziffer.

Die Rahmenbleche werden nach Abb. 44 roh vorgeschnitten bezogen. Wenn also das fertige Rahmenblech an den Enden starke Ausrundungen zeigen soll, so beziehe man, wie angedeutet, das Blech mit schräg abgeschnittenen Ecken, um an Beförderungskosten zu sparen.

Die Bleche werden vorgerissen. Der rohe Umriß wird aus jedem einzelnen Blech ausgelocht. Die Löcher für Befestigungsschrauben usw. werden durch Blechpakete zu je vier Blechen gebohrt. Die genaue Formgebung durch Stoßen und Fräsen endlich erfolgt in der Weise, daß die Bleche in Paketen zu acht vereinigt werden. Hiernach ist die genaue Umrißform nur auf einem von acht Blechen anzureißen, die Bohrlöcher auf einem von vier, die rohe Umrißform auf jedem einzelnen Blech. Die Vorbohrlöcher, die dort gebohrt werden, wo eine Aussparung im Blech hergestellt werden soll (s. *v* in Abb. 44) und die nur dazu dienen, dem Lochstempel einen ersten Angriffspunkt zu bieten, werden sinngemäß in jedem einzelnen Blech gebohrt.

Im einzelnen ist über die angegebenen Arbeiten folgendes zu bemerken:

Das Auftragen des Umrisses einschließlich des Umrisses der Aussparungen erfolgt mittels einer Schablone. Diese Umrißlinie darf nirgends bündig mit dem rohen Blechrand gelegt werden, denn der Scherenschnitt, mit dem die Kante hergestellt ist, ist nicht sauber genug und schwächt das neben ihm liegende Material zu stark, als daß er nicht durch Bearbeitung entfernt werden müßte. Andererseits nähere man sie dem Umriß

---

[1]) Weiteres s. „Die Lokomotive", 1907, S. 61, Lokomotiven mit Wasserrohrfeuerbüchse, System Brotan, und „Deutsche Straßen- und Kleinbahnzeitung", 1907, S. 683. Neuere Lokomotiven mit Wasserrohrfeuerbüchse, Bauart Brotan.

Digitized by Google

auf möglichst große Länge auf nicht mehr als 10 mm, damit man hier die Bearbeitung durch Fräsen oder Stoßen ohne vorhergehendes Lochen erledigen kann. Wo der Abstand größer ist, müßte zuvor gelocht werden. Die Schablone enthält auch die Mittelpunkte aller Bohrlöcher, die also auf einem von vier zum Paket zu vereinigenden Blechen gleichzeitig angekörnt werden. Von diesen Mittelpunkten aus werden dann in früher mehrfach besprochener Weise die Bohrlochkreise geschlagen und durch vier Körnerschläge auf dem Umfang hervorgehoben. Parallel zu der genauen Umrißlinie, die in Abb. 44 als ausgezogene schwächere Linie dargestellt ist, während die stärkere Linie das rohe Blech darstellt, wird in einem Abstand von 10 mm mit Kreide der Umriß für das erste Auslochen angezeichnet. In der Abb. 44 ist diese Linie gestrichelt angegeben. Wie schon erwähnt, wird nur diese Linie auf jedem Blech, der erstgenannte Umriß dagegen nur auf jedem achten Blech angerissen. Da nach obigem die Schablone in möglichst großer Länge an den Blechrand auf 10 mm Abstand herangerückt wird, so entfällt an diesen Stellen, in der Abb. 44 also z. B. an der Rahmenoberkante, Kreidestrich und Lochen.

Die Vorbohrlöcher *v* werden gebohrt und der **Blechumriß**, wie ihn der Kreidestrich vorschreibt, einschließlich der Aussparungen **ausgelocht**. Durch das Auslochen sind Verdrückungen des Bleches unvermeidlich, die schon jetzt beseitigt werden müssen, um die Bleche zu Paketen zusammenlegen und bohren zu können. Etwas veraltet, aber immer noch hin und wieder anzutreffen ist das Richten mit Handhämmern. Die Hämmer sind etwa 50 kg schwer und haben flache Hammerbahn mit abgerundeten Ecken. Die Bearbeitung erfolgt in kaltem Zustand des Bleches. Die Schläge werden nicht auf, sondern neben etwaige Beulen geführt, um das Material, das in der Beule im Überschuß vorhanden ist und daher aus der Blechebene heraustritt, durch den Druck des unter dem Hammer seitwärts ausweichenden Eisens zu stauchen. Zweckmäßiger sind Richtwalzen, wie sie auch zum Richten der Kesselbleche verwendet werden (vgl. S. 116) und die auch im Wagenbau eine Rolle spielen. Ausgesprochene Beulen im Blech beseitigt man, indem man Blechstreifen neben diese legt, die in der Mitte etwa 2 mm stark sind und nach den Enden zu schwächer werden, so daß ein linsenförmiger Längsschnitt des Blechstreifens entsteht. Mit diesen Beilagen wird das Blech durch die Walzen geschickt. Die Wirkung

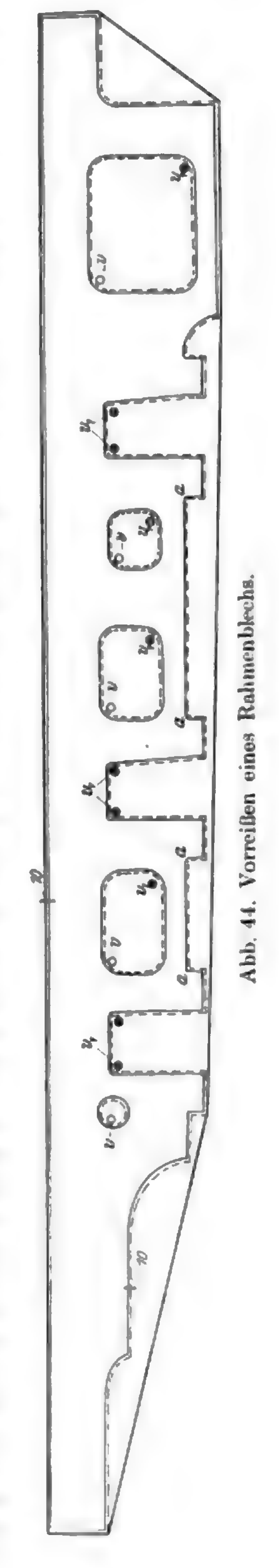


Abb. 44. Vorreißen eines Rahmenblechs.

dieser neben die Beulen gelegten Streifen ist ähnlich zu erklären, wie die der neben die Beulen geführten Hammerschläge.

Zuweilen sind Rahmenkröpfungen nötig. Besonders häufig ist der Fall, daß die Bleche im vorderen Teil etwas nach innen weggekröpft werden müssen, um Platz für große außenliegende Zylinder, besonders die Niederdruckzylinder der Verbundlokomotiven zu schaffen. Derartige Kröpfungen werden am besten auf der Kümpelpresse hergestellt.

Gekröpfte Bleche müssen, wie Abb. 45 andeutet, Zwischenlagen an den Kröpfungspunkten bekommen, wenn sie zur Bearbeitung im Paket zusammengelegt werden. Sie würden, wie die bloße Vorstellung ergibt, ohne dieses Hilfsmittel nicht bündig gelegt werden können.

Es folgt das Bohren sämtlicher Schraubenbolzen- und etwaiger Nietlöcher in Paketen zu vier Blechen. Die Löcher, die der Befestigung des Zylinders und Gleitbahnträgers 25 (Abb. 2) dienen, erhalten aus Gründen, die aus der Besprechung der weiteren Zusammenbauarbeiten erhellen werden, reichliches Untermaß. Für alle anderen Löcher, also z. B. die zur Befestigung der Querverbindungen und Achslagerführungen dienenden, genügt ein ganz geringes Untermaß, so daß sie gemeinschaftlich mit den Löchern in den anzuschraubenden Teilen mit der Reibahle zur Erzielung einer sauberen einachsigen Bohrung aufgerieben werden können.

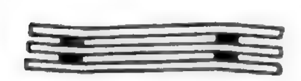


Abb. 45. Kröpfung von Blechen.

Die Bleche werden zum Fräsen in Paketen zu acht vereinigt. Um zu erzielen, daß sie sich genau decken und Verschiebungen auszuschließen, werden durch zwei an entgegengesetzten Enden liegende Bohrlöcher genau passende Dorne gesteckt. Gefräst werden alle Kanten; an den Achsausschnitten wird aber außerdem ein Schlichtspan mit dem Stoßwerkzeug genommen, weil es hier auf größere Genauigkeit ankommt. In dem vorliegenden eigentümlichen Fall ist nämlich die Fräsarbeit weniger genau als die Stoßarbeit, und zwar aus folgenden Gründen: Der Fräser hat eine große Länge, um die Kanten der hohen Pakete gleichzeitig bestreichen zu können. Wie ein Blick auf die Gesamtanordnung der in den Abb. 47 und 48 dargestellten Maschinen zeigt, kann er am anderen Ende aber nicht ohne ganz verwickelte Bauart der Maschine geführt werden. Er wird also ein klein wenig am unteren Ende ausweichen, also von den unteren Blechen einen etwas zu kleinen Span nehmen. Das Stoßwerkzeug dagegen arbeitet mit unveränderlichem Hebelsarm von der schneidenden Kante bis zur Einspannung und ist also diesem störenden Einfluß nicht unterworfen. Hinzu kommt, daß die Ausrundungen in den Ecken der Ausschnitte so wie so wegen ihres kleinen Krümmungshalbmessers gestoßen werden müssen. Für alle anderen Rahmenkanten einschließlich der in den Aussparungen ist natürlich die obenerwähnte Ungenauigkeit vollkommen belanglos. Diese Kanten werden mit einem Frässpan ohne nachherigen Schlichtspan hergestellt.

Beim Entwurf der Rahmenumrißform muß, wenn die betreffende Fabrik auf die eben beschriebene Bearbeitungsweise mit ihren Werkzeugmaschinen eingerichtet ist, hierauf in gewisser Weise Rücksicht genommen werden. Fräser der für solche Arbeiten erforderlichen Größe können nämlich nicht unter einen Durchmesser von etwa 60 mm abgenutzt werden. Kleinere Rundungen sind also dem Fräser auch in abgenutztestem

Digitized by Google

Zustand unzugänglich. Man wird die Rundungen also möglichst so wählen, daß sie auch mit dem eben in Benutzung genommenen Fräser von etwa 120 mm Durchmesser bearbeitet werden können. Anderenfalls muß an diesen Stellen gestoßen werden. Abb. 44 zeigt an den Punkten *a* Stellen, die im geschilderten Sinne der Bearbeitung Schwierigkeiten machen. Ihre Umgehung wird wesentlich erleichtert, wenn, wie in Abb. 47 dargestellt, Fräs- und Stoßsupport an einem Schlitten nebeneinander mit voneinander unabhängigem Antrieb angebracht sind. Vollständig ohne solche Rundungen mit kleinem Krümmungshalbmesser läßt sich nämlich meist der Entwurf nicht durchführen; es wurde schon erwähnt, daß sie in den Ecken der Ausschnitte für die Achslagerführungen auftreten. Sie sind hier nicht zu umgehen, denn der Ausschnitt wird mit wachsendem Halbmesser dieser Rundung tiefer: das muß aber mit Rücksicht

Abb. 46. Mehrfache Rahmenbohrmaschine (Werkzeugmaschinenfabrik Collet & Engelhard).

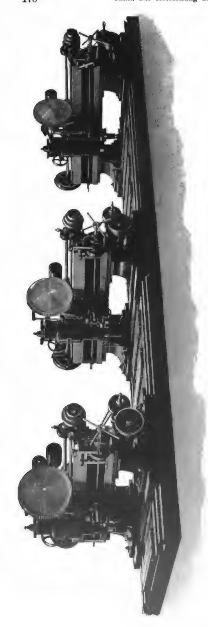


Abb. 47. Vereinigte Rahmenstoß- und Fräsmaschine (Werkzeugmaschinenfabrik Collet & Engelhard).

auf die Biegungsfestigkeit des Rahmens vermieden werden.

Für kleine Ausrundungen zwischen 40 und 100 mm Halbmesser ist es bei der Formgebung von Rahmenblechen, Querversteifungsblechen usw. oft gleichgültig, ob diese Ausrundung einen ganz bestimmten Halbmesser hat. Dann kann der Werkstatt die Arbeit wesentlich erleichtert werden, wenn in die Zeichnung nicht ein bestimmter Wert, sondern „Halbmesser des Fräsers" eingeschrieben wird. Der Mann an der Fräsmaschine läßt dann einfach den Fräser bis in die Ecke laufen und erhält hier eine saubere Rundung, während er andernfalls mühselig und weniger genau den Fräser von Hand auf dem angekörnten Riß von größerer Krümmung entlang führen muß.

An den Ausschnitten für die Achslagerkästen wird, nachdem sie gelocht und mit Übermaß gefräst sind, wie angegeben, ein Schlichtspan mit dem Stößel genommen, jedoch abermals mit etwa $^1/_2$ mm Übermaß, um später die Achsbuchsführungen 26 für die Achslagerkästen (Abb. 2) einfeilen zu können.

Bei dem hohen Gewicht und der großen Flächenausdehnung der Rahmenplatten ist die Verwendung von Spezialmaschinen für die eben besprochenen Bohr- und Fräsarbeiten unerläßlich. Die große Ausdehnung der zu bearbeitenden Flächen macht es ferner wünschens-

wert, die Arbeit an verschiedenen Stellen gleichzeitig in Angriff zu nehmen. Diesen eigentümlichen Anforderungen werden die in den Abb. 46 bis 48 dargestellten Bauarten dadurch gerecht, daß sie die schweren Blechpakete auf einem festen Tisch ruhen lassen, während die Werkzeuge an mehreren in Längsrichtung des Werkstückes verschiebbaren Schlitten angebracht sind. Um gleichzeitig an mehreren Punkten arbeiten zu können, sind drei bis vier solcher Schlitten angeordnet.

Abb. 46 zeigt eine mehrfache Bohrmaschine der Firma Collet & Engelhardt. Durch Hebelschaltung vom Kopf des — nicht drehbaren — Bohrarmes aus können sowohl der Bohrständer, wie der Spindelschlitten maschinell vor- und rückwärts verschoben werden.

Abb. 47 zeigt eine vereinigte Fräs- und Stoßmaschine der gleichen Firma. Der Zweck dieser Zusammenstellung erklärt sich aus dem oben über die Kantenbearbeitung Mitgeteilten. Jeder Schlitten ist unabhängig vom anderen durch einen Elektromotor angetrieben. Die Verschiebung des Schlittens erfolgt sowohl als Vorschub für Fräser und Stoßwerkzeug wie auch zur raschen Beförderung an die in Arbeit zu nehmende Stelle des Rahmens maschinell. Stoßwerkzeug und Fräser können nur abwechselnd arbeiten. Das Erfordernis gleichzeitigen Arbeitens liegt nach dem oben Mitgeteilten aber auch nicht vor. Um die sehr geringen Neigungen, die die eine Kante der Achsausschnitte wegen der Achslagerstellkeile gegen die Rahmenlängsachse hat, bearbeiten zu können, können die Schlitten schräg gestellt werden. Bei älteren Maschinen mußte man die ganzen Blechpakete zu dieser Arbeit schwenken, denn die Neigung ist so gering, daß das Werkzeug meist nicht durch gleichzeitigen Vorschub in den beiden zueinander senkrechten Richtungen an jenen Kanten entlang geführt werden konnte. Die Schrägstellung der Schlitten läßt sich schneller und genauer bewerkstelligen als das lästige Schwenken der schweren Pakete. Sonstige schräglaufende Kanten werden in üblicher Weise durch Vereinigung beider Steuerungen für längs und quer bewerkstelligt. Wenn in ununterbrochenem Arbeitsgang zwei in verschiedenen Richtungen liegende Kanten, also z. B. die lotrechte Flanke des Achsausschnittes und die wagerechte mit der vermittelnden Rundung ausgestoßen werden soll, so muß der Stößel während Durchlaufens der Rundung gedreht werden. Zu diesem Zweck ist das Stößelgehäuse mittels Schnecke und Schneckenrad drehbar. In Anbetracht des Vorkommens dieser Ausrundungen wird ein Stößel mit halbkreisförmiger Schneidkante benutzt.

Die Verteilung der Maschinen für Rahmenbearbeitung ist am zweckmäßigsten die, daß die Lochmaschine in der Abteilung der Werkstatt steht, in der die groben Blecharbeiten, das Kümpeln, Richten, Biegen, Schweißen, das Behobeln der Kesselblechkanten, und im Zusammenhang damit das Vorzeichnen vorgenommen wird. Sie ist zur Unterstützung dieser Arbeiten am ehesten erforderlich und wird hier am besten ausgenutzt. Auch sind hier die zu ihrer Bedienung erforderlichen Hilfsvorrichtungen an und für sich schon vorhanden. Hier müßte auch die Bohrmaschine zum Bohren der Vorbohrlöcher stehen. Ihre Ausnutzung ist eine geringe und da man ferner jede Beförderung der sperrigen Rahmenbleche scheut, so findet man häufig, daß man abweichend von dem oben geschilderten Arbeitsvorgang von der Herstellung von Vorbohrlöchern in Aussparungen absieht und die Lochmaschine ins Volle stoßen läßt.

Die Bohr-, Fräs- und Stoßmaschinen, die die Bleche in Paketen bearbeiten, stellt man in der Halle für den Zusammenbau auf, in der die Rahmenbleche sofort nach Bearbeitung zum Rahmengestell zusammengesetzt werden.

Die Schilderung der Rahmenbearbeitung nach dem oben zugrunde gelegten Verfahren hat eine Reihe von Umständlichkeiten ergeben, die bei näherem Zusehen ihre Ursache darin haben, daß ein Teil der Kantenbearbeitung durch Fräsen erfolgt. Um fräsen zu können, mußten die Aussparungen zunächst gelocht werden, und, um lochen zu können, mußte ein Loch vorgebohrt werden. Da nur das einzelne Blech gelocht werden kann, so mußte in jedem einzelnen Blech ein Loch in jeder Aussparung vorgebohrt werden. Da ferner dem Fräser nicht alle Stellen zugänglich sind, so muß das Werkzeug gewechselt werden; der eigenartigen Fräserwirkung muß beim Entwurf durch gewisse Rücksichten Rechnung getragen werden usw. Es liegt der Gedanke nahe, unter diesen Umständen auf die Verwendung des Fräsers überhaupt zu verzichten. Entschließt man sich, den ganzen Umriß durch Stoßen herzustellen, so ergibt sich ganz von selbst eine weitere Vereinfachung: man locht den Umriß nicht erst roh aus dem einzelnen Blech aus, sondern die rohen Bleche werden im Paket vereinigt und sofort der Bearbeitung auf der Stoßmaschine unterzogen. Soweit der Umriß nahe an die rohe Blechkante geschoben werden kann, also in Abb. 44 an der Rahmenoberkante in ganzer Länge, an der Unterkante nur streckenweise, wird er mit einem Span fertiggestellt. Wo er dagegen allseitig vom Blech umschlossen geführt wird und infolgedessen weniger genau arbeitet, wird noch ein Schlichtspan genommen. Daß freilich die mit einem Span fertiggestellten Kanten nicht ganz so sauber ausfallen, wie bei Fräsarbeit, ist kaum als Nachteil zu bezeichnen. Die Zahl der Vorbohrlöcher ist allerdings bei diesem Verfahren größer.

Der Verlauf der Arbeiten ist also der folgende:

Der genaue Umriß wird — übliche Stärke des einzelnen Bleches vorausgesetzt — auf einem von acht bis zehn Blechen mit der Schablone vorgerissen. Die Schablone enthält auch die Mittelpunkte aller Löcher für Schraubenbolzen und aller Vorbohrlöcher in den Aussparungen. Acht bis zehn Bleche werden, zum Paket vereinigt, unter die mehrfache Bohrmaschine gebracht (vgl. Abb. 46). Hier werden die Löcher gebohrt — also auch die Vorbohrlöcher. Bei dem zuerst besprochenen Verfahren konnten diese nicht wohl im Paket gebohrt werden, denn zum Lochen mußten die Bleche doch wieder voneinander getrennt werden. Wie die Vorbohrlöcher zu verteilen sind, zeigt Abb. 44, in der die für diese Bearbeitungsweise notwendigen Löcher v_1 noch außer den für das erste Verfahren erforderlichen eingezeichnet und durch Schraffur kenntlich gemacht sind. Auch in den Ecken der Ausschnitte für die Achslager sind solche zu bohren, denn der hier um 90° zu drehende Stößel — das genaue Ausstoßen der Rundung erfolgt ja erst nachher durch den Stößel mit halbrunder Schneidkante — würde in dem schmalen Spalt, den er ausgestoßen, nach der Drehung keinen Platz zum Angreifen in der neuen Richtung haben. Aus ähnlichen Gründen sind in einer Aussparung zwei Vorbohrlöcher diagonal gegenüber anzuordnen. Man stößt von jedem aus in zwei zueinander senkrechten Richtungen. Je zwei ausgestoßene Spalten überschneiden sich, und das Stück fällt heraus. Die Eckrundungen müssen natürlich

Abb. 48. Mehrfache Rahmenstoßmaschine (Werkzeugmaschinenfabrik Ernst Schieß).

Digitized by Google

immer von Hand nachgestoßen werden. Daß auch im übrigen im Achsausschnitt ein Schlichtspan genommen werden muß, wurde oben begründet. Kreisförmige Aussparungen, und Aussparungen, die aus Rechtecken und Halbkreisen zusammengesetzt sind, können in einfacher Weise nur hergestellt werden, wenn der Meißelhalter drehbar ist, so daß das Werkzeug einen Kreis beschreibt, sonst müßte in sehr umständlicher und ungenauer Weise von Hand durch gleichzeitigen Vorschub in zwei Richtungen an dem kreisförmigen Riß entlang transportiert werden. Für kreisförmige Öffnungen genügt wegen der steten Drehung, die der Stößel erhält, ein Vorbohrloch.

Abb. 48 zeigt eine dem zuletzt besprochenen Verfahren angepaßte mehrfache Stoßmaschine der Firma Ernst Schieß.

Der Antrieb jedes einzelnen, eine selbständige Stoßmaschine darstellenden Ständers erfolgt durch einen Elektromotor von 8 PS. Der einzelne Ständer ist zweiteilig, und das Oberteil ist um 7° um eine lotrechte Achse drehbar, damit die schrägen Kanten der Achsausschnitte mit entsprechend schrägem Vorschub des Werkzeuges gestoßen werden können. Ständer und Werkzeugträger sind auch bei dieser Maschine maschinell schnell verstellbar, wenn die Arbeit an einem anderen Punkt des Rahmens aufgenommen werden soll. Aus oben angedeutetem Grunde haben die Stößelköpfe drehbaren Meißelhalter. Auf diese Weise können Kreisbögen bis zu 400 mm Durchmesser mit größter Genauigkeit durch Drehung des Meißelhalters ausgestoßen werden. Die Zweckmäßigkeit dieser Anordnung ist oben begründet worden.

b) Der Zusammenbau der Bleche zum Rahmengestell.

Die Rahmenbleche werden nach einem Platz befördert, in dem der Zusammenbau der einzelnen Bleche zum Rahmengestell in bequemer Weise vorgenommen werden kann. Die betreffende Stelle liege in der Nähe der Niet- und Werkzeugmaschinen, die die Bearbeitung der Querversteifungen des Rahmens und ihrer Einzelteile vornehmen, ferner nahe der Schiebebühne, die die Halle für den Zusammenbau bedient, damit der Rahmen auf ihr nach seiner Zusammensetzung nach dem Stand befördert werden kann, an dem der Kessel eingebaut wird. Auf diesem Stand mit der Zusammensetzung des Rahmens zu beginnen, ist weniger empfehlenswert, weil die Querversteifungen dann über weite Wege befördert werden müssen.

Um die Achsbüchsführungen 26 (Abb. 2) bequem einbringen zu können, stellt man die Rahmenbleche umgekehrt, also mit den Öffnungen der Achsausschnitte nach oben auf. Man verwendet heute zum mindesten für die Triebachse geschlossene Achsbuchsführungen, d. h. der vordere und der hintere Gleitbacken ist durch eine wagerechte Brücke über dem Ausschnitt zu einem Ganzen verbunden. In Abb. 2 ist diese Ausführungsform auch für die Kuppelachsen angenommen. Da hinsichtlich der Kraftverteilung auf die einzelnen Achsen, wie der Verfasser an anderer Stelle[1]) nachgewiesen hat, völlige Unbestimmtheit obwaltet, so ist diese Maßregel auch durchaus angebracht. Sie dient dazu, den Rahmen gegen An-

[1]) Siehe Jahn, „Der Antriebvorgang bei Lokomotiven“ Abschn. V „Die Wirkungsweise der Kuppelstangen“, Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 1046.

brüche in den Eckrundungen der Achsausschnitte sowohl im Betriebe wie auch beim Anheben in der Werkstatt zu schützen. Als Baustoff kommt wegen der verwickelten Form lediglich Flußeisenformguß in Frage.

Die Stücke sind in der mechanischen Werkstatt mit Zugabe an den Flächen *F* (Abb. 49) und mit Ausnahme der Triebachsbüchsführung auch an den Gleitflächen *G* mit Zugabe gehobelt. An der Triebachse ist die Gleitfläche auf Maß gehobelt. Um die Führungen einbringen zu können, müssen die Ausschnitte im Rahmen, die mit Zugabe bestoßen sind (vgl. S. 178), befeilt werden. Besonderer Wert ist auf das saubere Einfeilen an den Rundungen bei *t* (Abb. 2b) zu legen. Durch das Einpassen darf am Rahmenblech an dieser Stelle nicht der in Abb. 50 bei *a* angedeutete Ansatz entstehen. Er ist durch Schlichten der oberen wagerechten Begrenzung des Ausschnittes zu beseitigen. In der Achsbüchsführung sind vier Schraubenbolzenlöcher für die Befestigung am Rahmen als Heftlöcher mit Untermaß

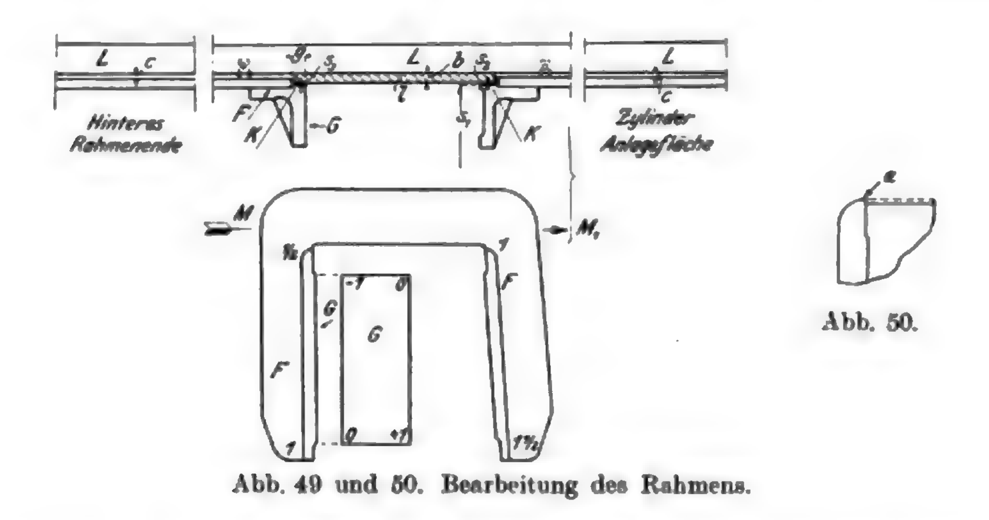


Abb. 49 und 50. Bearbeitung des Rahmens.

vorgebohrt. Mit Hilfe dieser Heftlöcher werden die Stücke, nachdem sie eingepaßt sind, mit dem Rahmen verheftet.

Dann werden sämtliche Löcher mit ortsbeweglichen elektrischen Bohrmaschinen nach den im Rahmenblech vorhandenen durch die Achsbüchsführungen durch, und die Heftlöcher nach Umsetzung der Heftschrauben aufgebohrt. Man gibt den Löchern hierbei geringes Untermaß, um später noch aufreiben zu können (vgl. S. 194).

In ähnlicher Weise sind die Achshalterstege 46 (Abb. 2b) an ihren Anlageflächen mit Zugabe bearbeitet und mit Heftlöchern versehen. Sie werden durch Feilen angepaßt, verheftet, und die Heftlöcher aufgebohrt.

Die Rahmenbleche werden umgekehrt, also in ihre natürliche Lage gebracht, und mit Hilfe der Wasserwage genau lotrecht aufgestellt. Die Rahmenoberkanten verlaufen also genau wagerecht. An einem Rahmenblech werden die lotrechte Triebachsmittellinie, die als Nullinie für alle einzubauenden Querversteifungen usw. dient, und die Lage aller Querversteifungen, zu denen auch der hintere Zugkasten zählt, angerissen, und zwar mißt man — zunächst angenommen, daß jene aus Blech mit angenieteten Winkeln bestehen — von der Triebachsmittellinie bis zu der der Triebachse zugewandten Fläche des querversteifenden Bleches. Der betreffende Riß wird auch auf der Rahmenoberkante fortgesetzt, wie in

Abb. 51 bei *m* erkennbar ist, und diese Abbildung verdeutlicht nun ohne weiteres, wie nach dieser Marke die Querversteifung in bequemer und genauer Weise angebracht werden kann und daß es unzweckmäßig wäre, das Maß anders zu beziehen, etwa auf die Mittellinie der Querversteifung oder die hintere Kante des Winkels *w*, die für diesen Zweck, weil nicht bearbeitet, nicht scharf genug ist. In Abb. 2 sind einige dieser Maße (U_1, U_2) in früher erwähnter Weise gekennzeichnet. Die Querversteifungen werden einzeln für sich fertig gestellt. Daraus folgt für die richtige Eintragung der Maße noch folgende Regel: Wenn, wie Abb. 51 andeutet, zwei Querversteifungen aneinanderstoßen, so ist der Abstand *a* der Versteifung *Q* von der Triebachsmitte einzutragen, und ferner die Länge *l* der für sich nach diesem Maße anzufertigenden und dann an die Versteifung *Q* anzubauenden Versteifung *P*. Maß (*l*) ist also zwecklos.

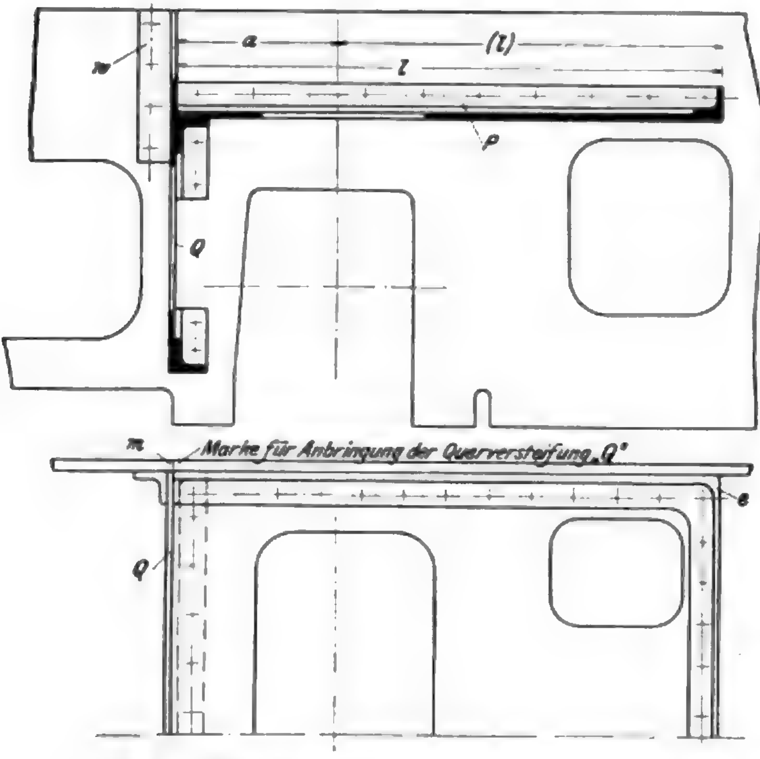


Abb. 51. Einbau von Querversteifungen nach der Triebachsmittellinie.

Der Baustoff für die Querversteifungen ist entweder, wie in den vorstehenden Beispielen angenommen, Winkeleisen und Blech oder Flußeisenformguß. Formguß wird bei uns in neuester Zeit weniger verwandt, als vor einigen Jahren. Sein Hauptvorzug ist die große Freiheit in der Formgebung; man kann das Stück in weitgehendster Weise in Rücksicht auf größte Festigkeit bei geringem Gewicht ausgestalten. Im ebenen Teil schwach gehalten, erhalten die Wände z. B. um die Aussparungen herumlaufende wulstartige Verstärkungen, wie es die durch die Aussparung verursachte Unstetigkeit an dieser Stelle verlangt. Man kann ferner die Befestigungsflansche zweckmäßig und leicht ausgestalten, während bei einem angenieteten Winkel der am Versteifungsblech anliegende Schenkel totes Gewicht darstellt. Endlich kann man das Stück ohne jede Nietarbeit und mit geringstem Gewichtsaufwand Nebenzwecken dienstbar machen. Man kann z. B. Stützflächen für Gleitbahnen, Schieberstangenführungen und dgl. mehr angießen. Diesen Vorzügen stehen Nachteile gegenüber, die auf dem hier vornehmlich interessierenden Gebiet der Herstellung liegen. Zunächst besitzen die meisten Lokomotivfabriken keine eigene Stahlformgußgießerei; die Abhängigkeit vom Unterlieferanten ist

Digitized by Google

lästig. Ausbleiben einzelner Stücke kann zu unliebsamen Fristüberschreitungen führen. Ferner zeigt sich beim Anreißen auf der Reißplatte häufig, daß sich das Stück beim Abkühlen verzogen hat und nachgerichtet werden muß. Beim Nachrichten und der hierbei vorzunehmenden einseitigen Erwärmung mögen neuerdings Spannungen in den Körper hineinkommen usw. Brüche, die, wenn auch selten, im Betriebe auftreten, scheinen zu bestätigen, daß die Beseitigung der Spannungen nicht immer vollständig gelingt.

Derartige Querversteifungen aus Flußeisenformguß werden für die Bearbeitung auf der Reißplatte vorgerissen. Dazu gehört, daß eine um das ganze Stück herumlaufende Mittellinie auf diesem angegeben wird. Es folgt daraus, daß die Lage dieser Querversteifungen in den Zeichnungen durch den Abstand dieser Mittellinien von der Triebachsmittellinie anzugeben ist, also anders als bei den Blechversteifungen.

Die Bearbeitung der Bleche für Querversteifungen, das Vorzeichnen, Ausstoßen erfolgt ebenso wie bei den Rahmenblechen. Die Winkelrahmen, z. B. 47 in Abb. 2, die den Anschluß des Bleches an den Rahmen vermitteln und zur Vermehrung des Widerstandsmomentes dienen, werden je für sich durch Zusammenbiegen des Winkels und Verschweißen der Enden fertiggestellt. Sind die vorkommenden Krümmungen des Winkels stark, wie z. B. an den Punkten *e* der Abb. 51, so muß ein dreieckiges Stück aus dem hochkant zu biegenden Schenkel herausgeschnitten werden. An den Schnittenden wird das Eisen zugeschärft. Die Zuschärfungen decken sich nach der Biegung und werden miteinander verschweißt. Der so hergestellte Winkelrahmen wird auf der Richtplatte genau eben ausgerichtet. Auf dem an das Blech anzunietenden Schenkel wird die Nietteilung vorgezeichnet. Der Rahmen wird an das Blech mit Schraubzwingen angeklammert, ebenso ein etwaiger zweiter an der Rückseite des Bleches, und darauf werden die Nietlöcher nach jener Vorzeichnung durch beide oder die drei Stücke mit richtigem Durchmesser durchgebohrt. Sie werden zum Abgraten auseinandergenommen, wieder zusammengesetzt und vernietet. Auf der Hobelmaschine werden die Flanken der Versteifung, die als Anlageflächen am Rahmen dienen, gehobelt. Es geschieht dies in einer Aufspannung für beide Anlageflächen, so daß diese, wie erforderlich, genau parallel werden. Sie sind auf eine gegenseitige Entfernung gleich der lichten Rahmenentfernung zu hobeln. Diese ist also als wichtiges Maß in Abb. 2 entsprechend gekennzeichnet (*H*).

Wie sich die Bearbeitung von Querversteifungen aus Formguß gestaltet, ist hiernach ohne weiteres klar. Hinzu kommt das Anreißen auf der Reißplatte. Es ist dies erforderlich, weil die Stücke meist ziemlich vielgestaltig sind, Anlageflächen für Kulissenlager oder Gleitbahnlager, Führungen usw. enthalten. Es wird in bekannter Weise auf „Auskommen" vorgerissen, auf möglichst gleichmäßige Spanstärke und auf möglichst gleichmäßige Wandstärke von Flanschen, Führungszylindern von Schieberstangen usw. Nietarbeiten entfallen. Ihre Kosten dürften freilich durch das Vorreißen aufgewogen werden. Übrigens sind diese gegossenen Querversteifungen oft in sehr vielgestaltiger Weise als Kästen mit durchbrochenen Wänden usw. ausgebildet.

Die Querversteifungen werden an einem Rahmenblech, das die Marken hierfür trägt, mit Schraubzwingen festgeklammert. Mit ortsbeweglicher elektrisch angetriebener Bohrmaschine werden durch die Löcher

im Rahmenblech die zugehörigen im Anlagewinkel der Querversteifung gebohrt. Der Bohrer hat etwas geringeren Durchmesser als die Löcher im Rahmen. Beide zusammengehörige Löcher werden darauf mit der Reibahle aufgerieben und so einachsig gemacht. Die Querversteifungen werden zum Abgraten der Bohrlöcher abgenommen, wieder angebracht und mit genau passenden Schraubenbolzen mit dem Rahmenblech verschraubt.

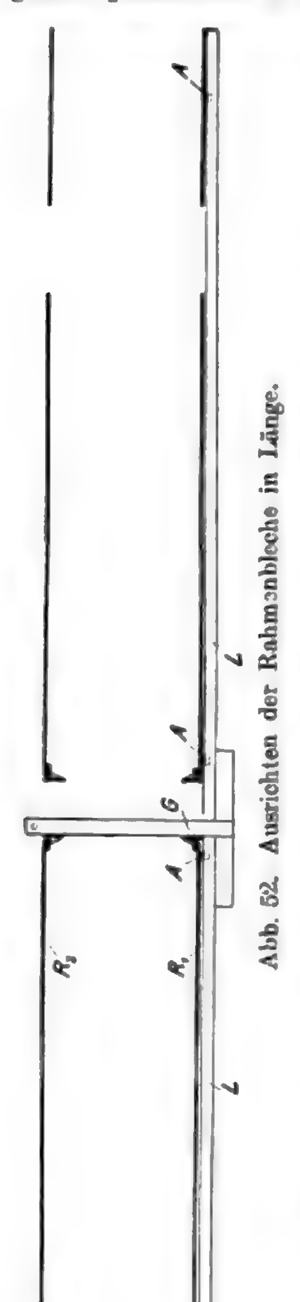


Abb. 52. Ausrichten der Rahmenbleche in Länge.

Jetzt muß das andere Rahmenblech mit der andern Seite der Querversteifungen verschraubt werden. Der Parallelismus beider Rahmenbleche wird hierbei ohne weiteres dadurch hergestellt, daß alle Querversteifungen auf gleiches Breitenmaß bearbeitet sind. Auf gleiche Höhe werden die beiden Rahmenbleche in der Weise gebracht, daß, während das erste Rahmenblech noch im Lot steht (siehe oben), das zweite so eingerichtet wird, daß eine Wasserwage einspielt, die auf einem quer über beide Rahmenoberkanten gelegten Lineal steht. Es bleibt das Ausrichten in Längsrichtung übrig. Dies geschieht nach den festen Gleitbacken G der Triebachsführungen (Abb. 52). Diese sind (vgl. Abb. 49) auf endgültiges Maß g gehobelt. Um nach dem in der Abb. 52 dargestellten Winkel, an dem die Gleitflächen beider Führungen gleichmäßig anliegen, ausrichten zu können, muß dieser senkrecht zu den Flächen beider Rahmenbleche, die kurzen Schenkel also parallel zu diesen Flächen gelegt werden. Um dies zu ermöglichen, wird ein Lineal L parallel zum Rahmen ausgelegt. Es ruht auf Winkeln, die an den Rahmen geschraubt sind. Es ist nicht gleichgültig, an welchen Punkten die Entfernung vom Lineal zur Rahmenaußenfläche zur Erzielung parallelen Verlaufes gemessen wird. Kleine Ungenauigkeiten sind in Anbetracht der großen Länge des Rahmens unvermeidlich, so daß er keine gerade Linie im genauesten Sinne des Wortes bildet. Überlegt man nun, daß vor allen Dingen für ein einwandfreies Arbeiten der Maschine Triebachse und Zylindermittellinie zueinander senkrecht stehen müssen, daß ferner nach der Art und Weise, wie die Zylinderbohrung hergestellt wird, deren Achse parallel zur Anlagefläche des Zylinders am Rahmen verläuft, so ergibt sich, daß das Lineal so einzustellen ist, daß es vor allen Dingen an der Triebachse und an der Stelle, wo sich der Zylinder gegen den Rahmen legt, gleiche Entfernungen von diesem hat. Ist der Rahmen am vorderen Ende nach innen weggekröpft, um für große Zylinderdurchmesser Raum zu schaffen, so muß der Abstand an der Zylinderanlagefläche entsprechend größer sein. Man versieht das Lineal an den betreffenden Stellen mit Anschlägen A von gleicher, bei Rahmenkröpfung von verschiedener Länge, um diese Bedingungen durch einfaches Gegenschieben des Lineals erfüllen zu können.

Digitized by Google

Ist der Kreuzwinkel dann ausgelegt, so wird das zweite Rahmenblech R_2 vorgeschoben, bis es mit der Gleitfläche den Winkelschenkel berührt. Es wird dann mit den Querversteifungen verklammert und wie vorher auf der ersten Seite gebohrt, aufgerieben, abgegratet und mit den Versteifungen verschraubt.

Die Haltbarkeit des ganzen Rahmenbaues hängt natürlich davon ab, daß die Schraubenbolzen, die Querversteifungen und Rahmenbleche miteinander verbinden, genau in ihre Bohrungen passen. Die Lehren, nach denen diese Schraubenbolzen hergestellt werden, müssen mit derselben Bohrspindel gebohrt und mit derselben Reibahle aufgerieben werden, wie die Löcher am Rahmen selbst.

Alle weiteren Messungen, die noch vorgenommen werden müssen und die hauptsächlich zur Aufgabe haben, gleiche Stichmaße, gemessen vom Gleitbacken der einen Maschinenseite zu dem Gleitbacken der gleichen Achse an der anderen Maschinenseite und gemessen von Gleitbacken zu Gleitbacken zweier Achsen an einer Maschinenseite herbeizuführen, dürfen mit den zugehörigen Nacharbeiten erst vorgenommen werden, wenn der Rahmen durch das Kesselgewicht belastet ist und infolgedessen gewisse Formänderungen erlitten hat. Der Rahmen wird daher jetzt auf den Gleisstand befördert, auf dem der weitere Zusammenbau der Lokomotive vorgenommen und zu Ende geführt wird.

c) Das Einpassen des Kessels in das Rahmengestell.

Der Kessel, der soeben die Druckprobe hinter sich hat (vgl. S. 168), wird in den Rahmen niedergelassen, um die genauen Maße für die Futterstücke 27 am Stehkesselträger (Abb. 2d), für die Futterstücke 28 an dem oder den Kesselträgern (siehe Abb. 2e) und für das vordere Tragblech 18 (Abb. 2a) zu nehmen. Um den Kessel in die richtige Lage zum Rahmen zu bringen, ist das Rahmengestell wieder genau wagerecht, d. h. die Rahmenbleche genau lotrecht aufzustellen. Der Kessel kann, wenn er die richtige Höhenlage zum Rahmen hat, nicht auf diesem ruhen, denn die Futterstücke fehlen ja noch; er wird also durch Winden von unten her unterstützt und so dicht über dem Rahmen in der Schwebe gehalten. Maßgebend für die Höhenlage des Kessels ist der Abstand F seiner Mittellinie von der Rahmenoberkante. Die Mittellinie des Kessels ist an dessen Seitenwand angerissen (vgl. früher). Werden wieder, wie seinerzeit beim Abschnüren des Kessels, Lote über die einzelnen Schüsse gehängt, so kann die Entfernung Mittellinie bis Rahmenoberkante an diesen Loten abgelesen werden. Ist dieses Maß an zwei Loten beiderseitig, also an vier Punkten im ganzen, zum vorgeschriebenen Betrage abgelesen, so ist damit die wagerechte Lage der Kesselachse in richtiger Höhe sichergestellt. Der Kessel muß auch in seitlicher Richtung in symmetrische Stellung zum Rahmen gebracht werden. Es geschieht dies hinsichtlich des Langkessels ganz dem Vorgang beim Abschnüren entsprechend: Der Abstand des einzelnen über den Langkessel gehängten Lotes von den Rahmeninnenflächen muß am rechten und linken Rahmenblech gleich sein. Am Stehkessel mißt man zweckmäßiger nicht von den Loten, sondern von der Stehkesselseitenwand zur Rahmeninnenfläche; die Gleichheit dieses Maßes an beiden Seiten ist das eigentlich Wichtige. Da es bei allen diesen Werten nur auf Gleichheit, nicht auf den Wert an sich ankommt,

so wird die Eintragung in die Zeichnung besser unterlassen. Endlich muß dem Kessel in Längenrichtung die richtige Stellung zum Rahmen gegeben werden. Das Maßgebende hierbei ist, daß der Kessel mit seiner Schlingervorrichtung 10 von dem betreffenden Anschlag an der Rahmenquerversteifung in ganzer Länge gefaßt wird, denn beide Teile sind schon am Rahmen und Kessel angebaut oder das Schlingerstück ist gar, wie in Abb. 2, mit dem Bodenring aus einem Stück gefertigt, während die vorderen Verbindungen mit dem Rahmen jetzt erst vorgerissen werden sollen. Richtiges Eingreifen des Schlingerstückes ist deshalb von Wichtigkeit, weil es dazu bestimmt ist, den Kessel gegen die Wirkung seitlicher Kräfte, besonders der Zentrifugalkräfte zu schützen, die andernfalls bedenkliche Biegungsbeanspruchungen in den Rundnähten zur Folge haben würden, indem der Kessel als am Rauchkammerende eingespannt zu betrachten ist. Die Lage des Schlingerstückes zur Querversteifung muß auf die Ausdehnung des Kessels bei der Erwärmung Rücksicht nehmen. In seitlicher Richtung ist das Schlingerstück noch frei; die Maße für die betreffenden Futterstücke werden nach endgültigem Einlassen des Kessels genommen (vgl. später). In den Zeichnungen findet sich fast stets noch das von der Stehkesselvorderwand bis zur davor liegenden Querversteifung gemessene Maß vor. Hierin liegt also eigentlich eine Überbestimmung. Es hat den Zweck, zu einer Nachprüfung an dieser Stelle zu veranlassen, da ein zu geringer Abstand Anstreifen der Stehbolzenköpfe beim Wiedereinsetzen des Kessels nach Wiederherstellungsarbeiten, die geringfügige Änderungen der Abmessungen zur Folge haben können, bewirken würde. Ebenso beachte man, ob die Stehbolzenköpfe richtig hinter den entsprechenden Löchern des Rahmens liegen. Jene sollen im kalten Zustand des Kessels etwas gegen diese nach vorn verschoben sein.

Nachdem der Kessel auf diese Weise in die richtige Stellung zum Rahmen gebracht ist, werden die oben angegebenen Maße genommen. Es wird also der genaue Wert der Maße C zwischen den Stehkesseltragwinkeln 21 und 22 und der Rahmenoberkante an beiden Seiten und der Abstand s zwischen Stehkesselseitenwand und Rahmeninnenfläche (Abb. 2d) gemessen. Nach diesen Maßen wird das Futterstück bearbeitet, jedoch hinsichtlich des Maßes s in Rücksicht auf die Wärmeausdehnung des Kessels quer zu seiner Längsachse mit etwa 1 mm Untermaß, so daß also am kalten Kessel Spiel bleibt. Die Notwendigkeit dieses Spielraumes ist es, die die Anbringung des erwähnten Schlingerstückes erforderlich macht, um den Kessel quer zu seiner Längsachse festzulegen. Es wird ferner der Abstand zwischen Kesselträger 29 und dem Schußblech gemessen. Abb. 2e zeigt, daß, da beide nicht konzentrische Kreise darstellen, das betreffende Futtersück 28 eine keilförmig zylindrische Form haben muß. Es ist das, wie später deutlicher werden wird, erforderlich, um an dieser Stelle überhaupt eine Druckübertragung zu erzwingen. Für das einzelne Stück müssen also an mindestens zwei Punkten Maße genommen werden. Es wird nach diesen Maßen als ebener Keil gehobelt und dann kalt ins Gesenk geschlagen, um ihm die zylindrische Form zu geben. Der Baustoff für die Gleitstücke ist Rotguß. Die Abmessungen für den Rauchkammerträger 18 entnimmt man mittels einer Blechschablone, die genau die Form dieses Tragbleches hat, aber im unteren Teil aus zwei sich teilweise deckenden gegeneinander verschiebbaren Blechen be-

steht, die durch Flügelschrauben gegeneinander feststellbar sind. Man bringt diese Schablone genau lotrecht an die Stelle des nachher einzubauenden Blechträgers, stellt sie in der Höhenrichtung passend ein und reißt mittels der so geschaffenen Schablone die Bleche vor. Die Bleche werden an den Kanten mit Ausnahme der kreisförmigen, die ja an den einzelnen Blechen je besonders nach jener Lehre vorgerissen ist, im Paket ähnlich wie Rahmen- und Querversteifungsbleche bearbeitet, und ebenso werden im Paket alle Schraubenbolzenlöcher gebohrt. Je vier dieser Bleche werden, im Kreis angeordnet, auf der Planscheibe an der kreisförmigen Kante nach dem mit der Schablone gemachten Riß abgedreht.

Es muß betont werden, daß während der eben besprochenen Messungen keinerlei andere Arbeit am Kessel oder Rahmen vorgenommen werden darf, um Störungen durch Erschütterungen usw. zu vermeiden. Die am Kessel noch vorzunehmenden Arbeiten müssen also vor oder nach den Messungen vorgenommen werden. Es sind dies Arbeiten, die mit Rücksicht auf die sogleich vorzunehmende Dampfprobe des Kessels (vgl. S. 167) erforderlich werden. Hierzu gehören die Anbringung des Aschkastens, der Sicherheitsventile und sonstiger Armaturen, die für die Druckprobe noch nicht gebraucht wurden.

Der Kessel wird darauf aus dem Rahmen herausgehoben und dem Anheizstand zugeführt. Nach der Dampfprobe wird er abgeblasen, erhält je nachdem warm Teeranstrich oder Menniganstrich und wird entleert, wie dies auf S. 168 beschrieben wurde.

Inzwischen können am Rahmen selbst keine wesentlichen Arbeiten vorgenommen werden; es können nur die Futterstücke 27 und der Rauchkammerträger 18 nach den vorher genommenen Maßen bearbeitet werden. Die Gleitstücke werden auf den Rahmen, dort wo sich die Stehkesselträger auf ihn stützen sollen, aufgelegt. Ebenso wird der Rauchkammerträger 18 mit dem Rahmengestell verschraubt. Der Kessel wird niedergelassen und gelangt ohne weiteres in die richtige Höhenlage und auch besonders am Stehkesselende in die richtige Lage zwischen den Rahmen, denn die Gleitstücke sind ja nach den vorher aufgenommenen Massen C und s (Abb. 2d) bearbeitet. Freilich ist auf rechts und links gleichen Spielraum hinsichtlich s zu achten. Die Deckplatte 30 wird aufgebracht. Die Futterstücke 28 am Kesselträger 29 werden von der Seite her eingetrieben. Infolge ihrer keilförmigen Gestalt nimmt dabei der Kesselträger allmählich einen Teil des Kesselgewichtes auf. Eine gleichmäßige Lastverteilung oder eine Verteilung nach bestimmten Bruchteilen ist dabei freilich nicht zu erzielen. An der Seite der Rauchkammer ist noch eine weitere aus einem gekröpften Blech und einem Anschlußwinkel bestehende Verbindung 19 vorgesehen (Abb. 2a und 2d), die dazu bestimmt ist, die Massenkräfte aufzunehmen, die beim Bremsen und Anfahren den Kessel in der Längsrichtung zu verschieben suchen. Die Bleche werden an den Rahmen geschraubt. Sie dürfen die Rauchkammer nicht berühren, da nicht sie, sondern der Winkelschenkel tragen soll. Im Winkel w sind alle Löcher gebohrt, sowohl die zur Verschraubung mit dem Tragblech, wie mit dem Rauchkammerschuß. Der Winkel wird in die Lage gebracht, die er später einnehmen soll, und dann werden durch seine Bohrlöcher hindurch die zugehörigen Löcher in den beiden andern Stücken vorge-

rissen. Das Blech wird abgenommen und die Löcher gebohrt. Ebenso in der Rauchkammer, gegen die darauf der Winkel genietet wird. Das Blech wird wieder angebracht und mit Winkel und Rahmen endgültig verschraubt. Wie man sieht, nimmt bei diesem Herstellungsgang die seitliche Rauchkammerstützung bei Ruhe oder gleichförmiger Geschwindigkeit der Lokomotive keine Spannung auf. Endlich wird das Maß für die Futterstücke am Schlingerstück genommen. Diese Stücke gleiten im allgemeinen nicht unter Druck, und ein durch Abnutzung entstandener Spielraum würde sich nicht, wie bei den seitlichen Stehkesselträgern durch die Gewichtswirkung des Kessels schließen. Aus beiden Gründen ist ein hartes Material zu wählen. Man fertigt diese Zwischenlagen aus Stahl nach den eben genommenen Maßen und treibt sie ein.

Bei Lokomotiven mit Innenzylindern stützt sich die Rauchkammer nicht auf Blechträger und Versteifungen der besprochenen Art, sondern auf das in seinem oberen Teil als Sattel ausgebildete Zylindergußstück. Hierdurch werden die vorstehend beschriebenen Verfahren verändert. Die Zylinder müssen vor Einbringung des Kessels eingebaut sein. Der Sattel ist noch unbearbeitet. Man läßt den Kessel soweit nieder, daß er das Sattelstück eben berührt. Der Kessel wird mittels Wasserwage und der seitlichen Mittellinien genau wagerecht gelegt. Die Rauchkammer wird, da die Oberfläche des Sattelstückes noch unregelmäßig ist, im allgemeinen in einem Punkte auf diesem aufliegen, wie dies Abb. 53 verdeutlicht. Der Kessel liegt jetzt, weil der Sattel noch nicht bearbeitet ist, zu hoch. Der Abstand zwischen Mittellinie und Rahmenoberkante wird mittels der Lote gemessen und festgestellt, um welchen Betrag *h* der Kessel tiefer liegen muß. An das Sattelstück wird eine Schablone *S* gehalten und mittels der auf den Schenkel *T* gelegten Wasserwage *W* wagerecht gelegt. An den Kanten *A B* und *C D* der Schablone wird jenes Maß *h* abgetragen und durch Körnerschlag festgehalten. Die Körnerschläge rechts und links werden durch einen Kreisbogen *k* nach dem Halbmesser der Rauchkammer verbunden, indem man die Schablone an die Körnermarken legt und längs ihrer Kreiskante vorreißt. Dieses Verfahren wird an der Rückseite des Sattelstückes wiederholt. Nach diesen Rissen wird das Sattelstück dann bearbeitet. An den anderen Stellen werden die Maße wie bei Lokomotiven mit Außenzylindern genommen, und die Futterstücke dann nach diesen Marken, vermindert um *h*, bearbeitet usw.

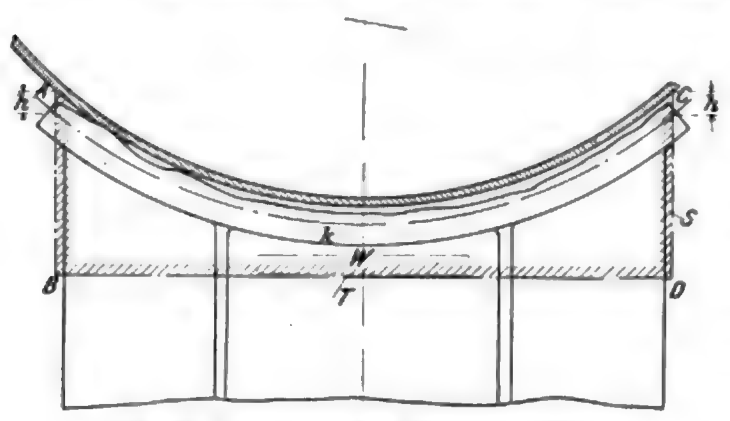


Abb. 53. Vorreißen des Zylindersattelstücks.

Weiterhin sollen, wie in Abb. 2, Außenzylinder angenommen werden.

d) Die Anbringung der Zylinder und die Nacharbeiten an den Achslagerführungen.

Der Rahmen ist nun vom Kessel belastet und hat, wenn man von den weiteren Biegungen absieht, die durch den Wasserinhalt des Kessels hinzukommen, diejenige Form angenommen, die er auch an der fertigen Lokomotive hat. Es können darum die noch erforderlichen Messungen zur Anbringung der Zylinder und an den Achslagerführungen vorgenommen werden, nach denen diese dann endgültig bearbeitet werden.

Die Grundlagen für die erstgenannte Messung gibt folgende Überlegung: Die wesentliche Vorbedingung für anstandslosen Lauf der Maschine ist, daß das Triebwerk in einer Ebene arbeitet, die genau senkrecht zu den Achswellen liegt, genau mit der Mittelebene der Triebzapfen zusammenfällt, und daß ferner die Zylinderachse die verlängert gedachte Achse der Triebradwelle schneidet. Diese Bedingungen müssen dadurch erfüllt werden, daß die Achse der Zylinderbohrung parallel zur Rahmenfläche in dem durch Zeichnung vorgeschriebenen Abstand von ihr und in richtige Höhenlage gelegt wird. Um diese Forderungen erfüllen zu können, ist der Zylinder an den Flächen E_1 und E_2 (Nebenabb. zur Abb. 2d), mit denen er am Rahmen an- und aufliegt, mit Zugabe bearbeitet. Es gilt zu bestimmen, wieviel an diesen Flächen durch Bearbeitung entfernt werden muß.[1]) Man stellt die Zylinderachse vor Anbringung des Zylinders durch einen Draht aus Nickelstahl dar, der parallel zur Rahmenfläche in vorgeschriebenem Abstand und vorgeschriebener Höhenlage ausgespannt wird. Wie ohne weiteres ersichtlich, ist es für die zugehörigen Messungen am bequemsten, wenn die Lage dieses Drahtes durch die Entfernung von der Rahmenaußenfläche und in lotrechter Richtung von der Rahmenoberkante gegeben ist. Diese Maße J und K (Abb. 2b und 2c) gehören also in die Zeichnung für den Zusammenbau. Andere Beziehungen, wie z. B. die Entfernung der beiden Zylinder voneinander, geben zwar über gewisse dynamische Eigenschaften der Lokomotive Aufschluß und mögen daher in die Zusammenstellungszeichnung aufgenommen werden, haben aber für die Werkstatt kein Interesse. Der Draht ruht auf Winkeln, die vor der Zylinderanlagefläche und in der Nähe der Triebachse an den Rahmen angeschraubt sind. Die Maße werden aus ähnlichen Gründen, wie auf S. 186 bei Besprechung der Messungen mit dem Lineal (Abb. 52) besprochen wurden, nahe der Triebachse und in der Mitte der Zylinderanlagefläche genommen. Die Messung muß also, da von der Zylinderanlagefläche ausgegangen werden muß, vorgenommen werden, bevor der Zylinder an den Rahmen gebracht wird. Auf den Winkelschenkeln, auf denen der Draht liegt, befinden sich Einkerbungen für diesen. Es muß diejenige gemerkt werden, in der der Draht, als die Maße stimmten, lag. Der Draht wird entfernt, und das Zylindergußstück am Rahmen durch Schraubzwingen befestigt. Der Draht wird von neuem, also durch die

[1]) Man sucht derartige Nacharbeiten heute dadurch überflüssig zu machen, daß man die Werkstücke unter vielseitigster Verwendung von Lehren mit aller nur erreichbaren Genauigkeit in ihrer endgültigen Form fertigstellt. In der vorliegenden Darstellung der Zusammenbauarbeiten ist von diesem Verfahren nur in mäßigem Umfang Gebrauch gemacht und zwar erstens, weil das ältere Verfahren zur Zeit noch das häufiger geübte ist und zweitens, weil es den Vorzug besitzt, die unvermeidlichen Formänderungen zu berücksichtigen, die alle tragenden Teile unter dem Einfluß ihrer Belastungen annehmen.

Zylinderbohrung hindurchgehend, ausgespannt. Durch Messung mit dem Taster wird festgestellt, um wieviel die durch den Draht dargestellte Mittellinie nach unten gegen die Achse der schon vollständig fertiggestellten Bohrung am vorderen und hinteren Ende abweicht. Der Zylinder wird abgenommen, Fläche E_2 am hinteren und vorderen Ende um die eben festgestellten Beträge eingemeißelt und nach diesen Marken bearbeitet. Der Zylinder wird zum zweitenmal angebracht, der Draht wiederum ausgespannt und nun festgestellt, wie groß die wagerechte Abweichung ist. Um diese Beträge wird dann nachher die Anlagefläche E_1 am vorderen und hinteren Ende angemeißelt, jedoch wegen der Größe der Fläche an jedem Ende zweimal, unten und oben. Zuvor werden jedoch noch, da der Zylinder ja jetzt in der Höhenrichtung richtig liegt, von der Innenseite der Rahmen her nach den im Rahmen schon vorhandenen Löchern für die Schraubenbolzen, die Löcher im Zylindergußstück mit Kreiskörner vorgerissen. Der Zylinder muß zu dem Zweck natürlich auch in der Längenrichtung richtig liegen; augenblicklich kann dies freilich noch nicht mit voller Genauigkeit bewerkstelligt werden, denn das Gußstück wird, wie später zu erörtern sein wird, nach den Gleitflächen der Triebachsbüchsführung genau in Länge ausgerichtet. Diese sind zwar auf Maß gearbeitet; es können sich aber im Verlauf der an ihnen vorzunehmenden Messungen kleine Nacharbeiten als erforderlich erweisen, die auf die Lage des Zylinders Einfluß haben. Der Zylinder wird also in möglichst richtige Lage gebracht, indem man, wie dies in Abb. 2c angedeutet ist, eine ┏━┛förmige Lehre mit dem einen Schenkel an jene Führung anlegt. Der lange Schenkel liegt auf einem parallel zum Rahmen ausgelegten Lineal und der Zylinder wird nun mit dem Schleifrand R gegen den andern Schenkel geschoben. Sind darauf die Löcher vorgerissen, so geht der Zylinder zur Fräsmaschine, woselbst die Anlagefläche nach den eben festgestellten Maßen und den nach diesen vorgenommenen Anmeißelungen bearbeitet wird. Dann werden die Löcher gebohrt, jedoch, weil der Zylinder, wie eben begründet, in Länge noch nicht ganz genau ausgerichtet werden konnte, mit $1^1/_2$ mm Untermaß. Um diese Arbeiten ausführen zu können, ohne den Zylinder in umständlicher Weise nach der mechanischen Werkstatt zurückbefördern zu müssen, stellt man zweckmäßig in der Halle für den Zusammenbau eine besondere Fräs- und Bohrmaschine für diesen Zweck auf.

Es liegt der Gedanke nahe, vom vorstehend beschriebenen Verfahren insofern abzuweichen, als man gleich beim ersten Anbringen des Zylinders die Abweichungen der Bohrachse von der vorgeschriebenen Mittellinie nicht nur in lotrechter, sondern auch in wagerechter Richtung feststellen könnte. Man würde auf diese Weise aber nur das Auslegen des Drahtes nach der zweiten Anbringung der Zylinder sparen. Eine Anbringung des Zylinders wird nicht erspart, da die Löcher für die Befestigungsschrauben ja erst angerissen werden können, nachdem er durch Bearbeitung der Flächen E_2 in richtige Höhenlage gebracht ist. Um nun auch diejenigen Fehler zu vermeiden, die sich hinsichtlich Entfernung des Zylinders vom Rahmen dadurch einstellen könnten, daß das Gußstück nach Bearbeitung der Fläche E_2 eine tiefere Lage einnimmt, nimmt man dieses Maß besser erst nach der zweiten Anbringung des Zylinders.

Nachdem die Zylinder zur Bearbeitung losgenommen, und damit der

Platz zum Auslegen der langen Lineale wieder frei geworden ist, können die Messungen an den Achslagerführungen vorgenommen werden.

Es gilt zunächst, den richtigen Abstand der beiden zu einer Achse gehörigen Achsbüchsführungen zu erzielen, damit auch die Achslager den richtigen Abstand erhalten und nicht in die Hohlkehle, die den Achsschenkel nach der Mitte zu begrenzt, gezwängt werden. Vorläufig haben die Führungen noch Übermaß an der Anlagefläche F am Rahmen (Abb. 49). Am Rahmen wird wieder in mittlerer Höhe des Ausschnittes ein Lineal L nach den früher entwickelten Grundsätzen parallel zum Rahmenblech ausgelegt. Die Entfernung c der Lineale von der Rahmenaußenfläche muß an beiden Maschinenseiten gleich sein. Der Grund hierfür ergibt sich aus dem sogleich zu besprechenden Verfahren. Es werden ferner, wie Abb. 49 dies zeigt, die kleinen Lineale l ausgelegt, und zwar wird die Breite b dieser kleinen Lineale auf beiden Seiten gleich und so ausgewählt, daß ihre Innenkanten die durch Zeichnung für die Außenkanten K der Achsbüchsführungen vorgeschriebene Entferuung s haben, wenn ihre Außenkanten am großen Lineal anliegen. Die Außenkanten K der Führung haben vorläufig noch wegen des Übermaßes an den Flächen F nur die Entfernung s_1 voneinander. Um sie auf das richtige Maß zu bringen, ist der Betrag s_2, s_3 . . . von den Anlageflächen F fortzunehmen. Diese Maße sind also abzulesen. Für die Flächen F in ihrer ganzen senkrechten Ausdehnung gilt dies Ergebnis aber nur dann, wenn die Flächen K genau lotrecht liegen. Um dies zu prüfen, ist an sie eine Wasserwage anzuhalten. Muß z. B., um diese zum Einspielen zu bringen, hinter ihr oberes Ende, während sie vom Lineal bis zu diesem Punkte an der Fläche K anliegt, ein Blech von der Stärke a gelegt werden, so ist in gleicher Höhe an Fläche F nur $s_2 - a$ und in entsprechender Tiefe unter dem Lineal $s_2 + a$ fortzunehmen. Die Achsbüchsführungen werden losgeheftet, und auf der Anlagefläche die vier Zahlenwerte vermerkt, und zwar wird jede Zahl an die Stelle gesetzt, an der der betreffende Betrag fortgehobelt werden soll. Abb. 49 veranschaulicht dies. An den Anlageflächen F muß natürlich zum Schluß auch in Richtung $M M_1$ gehobelt werden, damit alles in einer Ebene liegt. Aus einer einfachen Überlegung folgt übrigens für die vier auf den Ecken eines Rechteckes liegenden Zahlen, daß die Summen der diagonal gegenüberliegenden Werte gleich sein müssen: $^1/_2 + 1^1/_2 = 1 + 1$.

Für diese und ähnliche Arbeiten empfiehlt es sich, Hobelmaschinen in der Halle für den Zusammenbau aufzustellen, um die mehrmalige Beförderung der Stücke zur mechanischen Werkstatt zu sparen.

Abb. 54. Stichmaß für die Achsbüchsführungen.

Die Achsbüchsführungen werden nach Bearbeitung der Anlageflächen wieder angeheftet, und es gilt nun festzustellen, welcher Nacharbeiten die Führungen bedürfen, damit die Lager einer Rahmenseite nachher die den vorgeschriebenen Radständen entsprechenden Abstände voneinander haben. Längs der Rahmen sind wieder die Lineale ausgelegt (Abb. 54). Man erinnere sich daran, daß die festen Gleitflächen an den Achsbüchsführungen

Digitized by Google

der Triebachse schon auf richtiges Maß vorgearbeitet waren, als die Stücke an den Rahmen geheftet wurden. Von ihnen ausgehend, wurden die beiden Rahmenbleche in der Längsrichtung ausgerichtet. Mit dem Kreuzwinkel wird nachgeprüft, ob er, wenn er am Lineale mit dem kurzen Schenkel anliegt, mit dem langen Schenkel die Gleitflächen der Triebachsführungen gleichmäßig berührt. Ungenauigkeiten, die sich durch Bearbeitung der Flächen F eingeschlichen haben sollten, und die nur ganz geringfügig sein können, werden durch Feilen entfernt. Darauf wird, und zwar nur auf der einen Maschinenseite, in der in Abb. 54 dargestellten Weise ein Stichmaß gleich dem Radstand der betreffenden Achsen ausgelegt. Da die Gleitflächen der Triebachse auf Maß, die der anderen mit Übermaß gearbeitet sind, so ergibt sich an ersterer ein Abstand t. Um diesen Betrag ist die Gleitfläche der anderen Achsbüchsführung an dieser Stelle schwächer zu hobeln. Durch Anlegen des Kreuzwinkels (Abb. 55) an die Achsbüchsführung der Kuppelachse wird dann festgestellt, ob die Punkte b c d mit Punkt a in einer zur Rahmenebene senkrechten Ebene liegen und, wenn dies nicht der Fall ist, welche Beträge $t \pm x_1$, $t \pm x_2$, $t \pm x_3$ an diesen Punkten fortgehobelt werden müssen. Es muß endlich, wie oben für die Flächen K (Abb. 49) auseinandergesetzt, festgestellt werden, ob die Gleitflächen genau lotrecht stehen und also in ihrer ganzen Höhe ein Span von gleicher Stärke fortzunehmen ist oder welche abweichenden Beträge sich oben und unten ergeben. Die Feststellung erfolgt in gleicher Weise, wie dort, mittels Wasserwage.

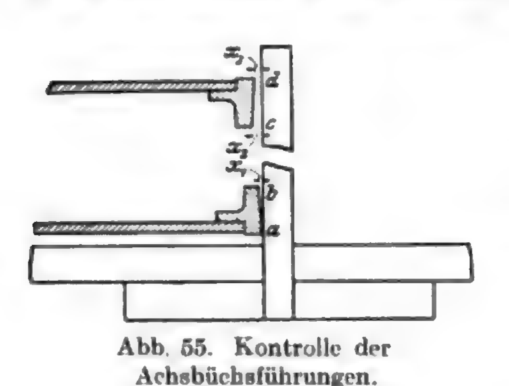


Abb. 55. Kontrolle der Achsbüchsführungen.

Die Achsbüchsführungen werden losgeheftet und ähnlich, wie oben beschrieben, die festgestellten Werte, wie dies Abb. 49 darstellt, auf den Gleitflächen vermerkt.

Nach Bearbeitung werden die Stücke wieder angeheftet, und sämtliche Löcher für die Befestigungsschrauben aufgerieben. Endlich werden die Stücke durch genau passende Schraubenbolzen befestigt. Die Stellkeile werden in höchster Stellung eingebracht. Sie sind an den Gleitflächen mit Zugabe bearbeitet. Es wird festgestellt, wieviel von der Gleitfläche des Keiles fortzunehmen ist, um die vorgeschriebene lichte Weite zu erhalten. Das Stichmaß wird an vier Punkten von der Gleitfläche des Keiles zur gegenüberliegenden festen Gleitfläche der gleichen Achsbüchsführung genommen usw. Die Keile werden gehobelt, aber erst, nachdem die Lokomotive auf Achsen gesetzt ist, wieder eingebracht (vgl. S. 205).

Inzwischen sind die Arbeiten an den Zylindern fertiggestellt. Diese werden unter Benutzung des früher erwähnten Hakenmaßes ⌐ (Abb. 2c) in richtiger Lage an den Rahmen angeklammert. Maß L ist mithin, weil es die bequemste Messung gestattet, das für den Zusammenbau entscheidende und dementsprechend in Abb. 2 hervorgehoben.[1]) Die Löcher

---

[1]) Die Praxis verfährt hinsichtlich dieses Maßes merkwürdigerweise anders, indem in den Werkzeichnungen die Zylinderlage meist auf Triebachsmitte bezogen wird.

Digitized by Google

für die Befestigungsschrauben des Zylinders am Rahmen werden von außen her mit Luftdruckwerkzeugen einachsig auf richtiges Maß aufgerieben und der Zylinder mit Schraubenbolzen befestigt. Endlich werden die Paßstücke 31 (Abb. 2) durch Feilen genau eingepaßt und ebenfalls verschraubt. Der genaue Sitz dieser Paßstücke, deren Anwendung seltsamerweise noch immer nicht allgemein ist, ist für eine einwandfreie Kraftübertragung und für den festen Sitz des Zylinders Vorbedingung.

e) Der Anbau der Gleitbahnen und der Gleitbahnträger.

Der Anbau der Gleitbahn 32 ist in der mechanischen Werkstatt schon insofern vorbereitet, als sie mit dem hinteren Zylinderdeckel bereits verschraubt ist. Es wird hierbei in der durch Abb. 56 erläuterten Weise verfahren. In den beiden Gleitbahnenden sind die Bohrungen zur Befestigung am Zylinderdeckel einer- und am Gleitbahnträger 25 (Abb. 2) andererseits vor Härtung der Gleitbahn gebohrt. In die Bohrung des Deckels wird eine die Stopfbuchse vertretende genau passende und genau axial gebohrte Buchse eingesetzt und in deren Bohrung eine Stange S eingeführt. Entsprechend dem Herstellungsverfahren der Gleitbahn sind die seitlichen Flächen J_1 und J_2 genau senkrecht zur Gleitfläche. Legt man also an jene Flächen die Lineale l_1 und l_2 und bringt die Gleitbahn, sie auf der Anlagefläche am Zylinderdeckel seitlich verschiebend, in eine solche Lage, daß $s_1 = s_2$, so ist die Bedingung erfüllt, daß die zur Gleitfläche senkrechte Mittelebene der Gleitbahn durch die Stangenachse geht. In dieser Stellung werden die Bohrlöcher im Ansatz A des Zylinderdeckels nach den in der Gleitbahn vorgebohrten angerissen, gebohrt und mit Gewinde versehen. Das Paßstück aus Rotguß, das zum Nachstellen bei Wiederherstellungsarbeiten zwischen Gleitbahnende und Deckelansatz vorgesehen wird, ist inzwischen ebenfalls nach den Bohrlöchern im Gleitbahnende angerissen und gebohrt. Die Teile werden verschraubt und gehen zum Zusammenbau.

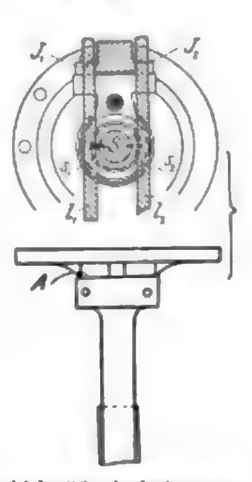


Abb. 56. Anbringung der Gleitbahn.

Die zweite durch den Anbau an die Maschine zu erfüllende Bedingung ist die, daß die Mittelebene der Gleitbahn lotrecht liegt, also zusammenfällt mit der Ebene, in der die Pleuelstange arbeitet.

Unter Berücksichtigung dieser Bedingung müssen jetzt die Löcher für die Schraubenbolzen, die Deckel und Zylindergußstück miteinander verbinden sollen, im Deckel nach den im Zylinderflansch schon vorhandenen Löchern angekörnt werden.

Der Deckel wird zu dem Zweck an den Zylinder gebracht und durch Drehen so eingestellt, daß eine auf den Gleitbahnansatz gestellte Wasserwage einspielt. Gleichzeitig muß der Deckel einachsig mit der durch den mehrfach erwähnten Stahldraht dargestellten Zylinderachse liegen. Dieser Draht ist also durch Zylinderbohrung und Stopfbüchsbohrung wieder auszulegen und die Einachsigkeit durch Tastermessung in letzterer zu prüfen. Ist die richtige Stellung des Deckels erreicht, so werden die Löcher für die Deckelbefestigungsschrauben im Deckelflansch mittels Stiftkörner an-

gekörnt, den man durch die entsprechenden Löcher im Zylinderflansch einführt. Auf einem Teil des Umfangs muß nun aber die Deckelbefestigung mittels Stiftschrauben erfolgen. Um auch die diesen Stiftschrauben entsprechenden Löcher im Deckel ankörnen zu können, werden in das Muttergewinde dieser Stiftschrauben zuvor Schraubenstopfen eingeschraubt, die eine Körnerspitze tragen. Diese drücken sich auf dem Deckel ab, wenn man leichte Hammerschläge auf ihn führt. Die Löcher im Deckel werden gebohrt und dieser nebst Gleitbahn am Zylinder befestigt.

Das hintere Ende der Gleitbahn wird vom Gleitbahnträger 25 (Abb. 2) aufgenommen. Hinsichtlich des Baustoffes gilt ähnliches wie für die Querversteifungen des Rahmens. Jedoch findet hier Flußeisenformguß mit Vorliebe Verwendung, weil eine ziemlich verwickelte Formgebung notwendig ist, und daher die früher auseinandergesetzten Vorzüge dieses Baustoffes hinsichtlich genauester Anpassung an die Festigkeitsforderungen und hinsichtlich dadurch erzielter Gewichtsersparnis besonders zur Geltung kommen. Die verwickelte Form des Stückes erklärt sich daraus, daß es nicht nur die Gleitbahn trägt, sondern auch zwei Kulissenlager, das Umlaufblech, Aussparungen für die Schieberschubstange enthält usw.

In der mechanischen Werkstatt ist das hintere Gleitbahnende in seinen Sitz am Gleitbahnträger nebst Futterstück eingepaßt. An der Anlagefläche am Rahmen G_1 und der Auflagefläche G_2 (Abb. 2e) wird der Gleitbahnträger nicht ohne weiteres bearbeitet, sondern es wird damit gewartet, bis Gleitbahn und Deckel in oben beschriebener Weise am Zylinder angebracht sind. Die Gleitbahn wird am hinteren noch freien Ende so unterstützt, daß die Gleitfläche parallel dem Draht, der die Mittellinie darstellt, verläuft. Darauf werden die Maße M vom Gleitbahnansatz zur Rahmenaußenfläche und ebenso N vom Gleitbahnansatz bis zur Rahmenoberkante — letzteres unter Zuhilfenahme von Winkel und Lot — gemessen. Nach diesen Maßen wird der Gleitbahnträger auf der Reißplatte für Bearbeitung der Flächen G_1 und G_2 angerissen und bearbeitet. Beim Nehmen des Spanes an der Anlagefläche ist Vorsicht geboten, denn das Paßstück, das zwischen Gleitbahnende und Träger liegt, gestattet nur, Ungenauigkeiten in lotrechter Richtung auszugleichen. Man nehme lieber einen etwas zu schwachen Span und lasse es darauf ankommen, daß nochmals nachgearbeitet werden muß. Die Mehrarbeit ist insofern nicht allzu bedeutend, als der Träger, wie sogleich auseinanderzusetzen sein wird, doch nochmals losgenommen werden muß.

Der an An- und Auflagerfläche bearbeitete Gleitbahnträger wird nämlich an den Rahmen gebracht und erhält seine richtige Lage in Längsrichtung der Lokomotive dadurch, daß man ihn schiebend in die zum Gleitbahnende passende Stellung bringt; die Bohrlöcher im Gleitbahnende und im Gleitbahnsitz des Trägers müssen sich decken. In dieser Stellung wird er mit dem Rahmenblech verklammert. Die in diesem schon gebohrten Löcher werden durch diese hindurch auf dem Träger vorgezeichnet. Der Träger wird zum Bohren dieser Löcher und nötigenfalls zu geringfügigen Nacharbeiten an der Anlagefläche wieder abgenommen, nach Ausführung dieser Arbeiten wieder angebracht und mit der Gleitbahn verschraubt. Die Löcher werden durch Rahmen und Träger hindurch mit Luftdruckwerkzeugen aufgerieben. Der Gleitbahnträger wird endgültig mit genau passenden Schraubenbolzen befestigt.

Digitized by Google

Bei den früher allgemein üblichen Blechträgern gestaltete sich der Zusammenbau etwas einfacher. Der Anschluß des Gleitbahnendes an den Blechträger wird durch einen kräftigen geschmiedeten Winkel gebildet (Abb. 57). Dieser wird mit dem Gleitbahnende verschraubt, der Blechträger gegen ihn geschoben und festgestellt, wie der Winkel bearbeitet werden muß, um sauberes Anliegen am Blech herzustellen. Nach den im lotrechten Schenkel gebohrten Löchern für die Befestigungsniete werden die zugehörigen im Blech vorgerissen usw. Trotz dieser Vereinfachung zieht man bei großen Lokomotiven, sobald es auf Gewichtsersparnis ankommt — und das ist heute fast immer der Fall — den Träger aus Flußeisenformguß vor.

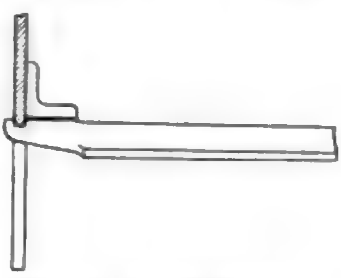


Abb. 57. Ältere Gleitbahnbefestigung.

Wenn abweichend von der in Abb. 2 dargestellten Bauart zwei Gleitbahnen vorgesehen sind, entstehen keine Abweichungen beim Zusammenbau, die sich nicht von selbst verständen.

f) Der Anbau der Ein- und Ausströmungsrohre und des Schornsteins.

Gleichlaufend mit den zuletzt geschilderten Arbeiten an Zylinder und Gleitbahn sind die Arbeiten am Kessel und in der Rauchkammer fortgeschritten.

In der Rauchkammer kann unmittelbar nach Befestigung der Zylinder mit dem Einbringen der Dampfein- und -ausströmungsrohre begonnen werden. Das Maß für die Dampfeinströmungsrohre (siehe Abb. 2) wird mit einer Drahtlehre genommen, nach der die Rohre dann, mit Sand gefüllt, warm gebogen werden. Die Rohrenden werden gereinigt, und die zum Löten vorbereiteten Flansche, oben mit einem Trichter zum Eingießen des Lots versehen, aufgeschoben. Das Rohr wird mit Dichtungslinsen in die Rauchkammer gebracht. Die Linsen werden auf die zugehörigen Anschlußflanschegelegt. Durch einige gegen die Rohrkanten geführten Körnerschläge ist das Rohr an diesen etwas angestaucht, so daß der Flansch mit ziemlich starker Reibung auf dem Rohrende haftet.

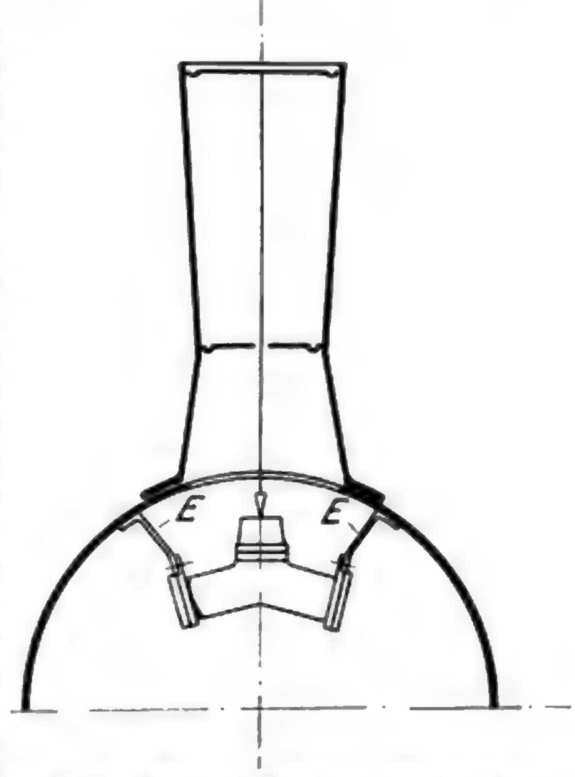


Abb. 58. Einstellen des Schornsteins und des Ausströmungskegels.

Dies ist erforderlich, um die Flansche jetzt mit leichten Hammerschlägen an die Linsen anrichten und ihnen so die für einen dampfdichten Anschluß richtige Lage zu geben. In dieser Lage werden sie festgeklemmt,

indem man den Flansch am Rande r (Abb. 2a) durch einige Körnerschläge anstaucht. Die Rohre gehen zum Anlöten der Flansche zur Kupferschmiede zurück, um dann endgültig eingebracht zu werden.

Die Dampfausströmungsrohre finden bei der Ausführungsform der Abb. 58 ihren Anschluß einerseits am Ausgangsstutzen des Dampfzylinders, andererseits an dem Zweigrohr, das den von beiden Zylindern kommenden Abdampf im Ausströmungskegel vereinigt. Es muß ausgegangen werden von der zur Erzeugung des Zuges erforderlichen genauen gegenseitigen Lage des letzteren und des Schornsteines. Zu diesem Zwecke wird in den Schornstein nach Abb. 58 ein Lot eingehängt, das einerseits durch die Mittelpunktsöffnung einer an engster Stelle eingebauten Scheibe hindurchgehen, andererseits auf die Mittelpunktsmarke eines in den Ausströmungskegel eingespannten Steges einspielen muß. Richtiges Einspielen des Lotes wird bewirkt durch Verschiebungen des Schornsteines und, nachdem dieser lotrecht eingestellt ist, durch Verschiebung des Ausströmungskegels gegen die Versteifungseisen E, mit denen er vorläufig noch nicht verschraubt ist. Ist die richtige Stellung erreicht, so werden die Bohrlöcher durch den Schornsteinuntersatz auf dem Rauchkammerblech und durch die Versteifungseisen auf dem Kegelflansch vorgezeichnet usw. Ist alles verschraubt, so werden die Maße für die Ausströmungsrohre mit der Drahtlehre genommen und dann wie bei den Einströmungsrohren verfahren.

Steht das Ausströmungsrohr lotrecht inmitten der Rauchkammer (Abb. 2d), so wird es mit dem Zweigstück 33 in die wie oben zu ermittelnde richtige Stellung geschoben und dann das Maß für die kurzen Stücke 34 genommen usw.

g) Der Anbau kleiner Nebenteile.

Um darzulegen, wie kleine Nebenteile, deren Einzelaufführung ermüden würde, Armaturen usw. am Kessel befestigt werden, und durch welche Maße deren Lage am zweckmäßigsten in den Zeichnungen festgelegt wird, seien als Beispiel die kleinen Geländerstützen aufgeführt, die man an der Seite des Kessels vorzusehen pflegt (siehe bei 35 in Abb. 2e) und die ein als Handstange dienendes Rohr tragen, das in seinem Innern dann meist noch einen Hahnzug etwa für den Hilfsbläser oder dergleichen aufnimmt. Im Fuße dieser Stützen sind die Bohrlöcher für die Befestigungsschrauben gebohrt. Die Einstellung in Längsrichtung der Lokomotive erfolgt nach dem Abstand von der nächstgelegenen Schußkante, in Höhe aber in der durch Abb. 59 gekennzeichneten Weise mittels eines für diese Teile besonders hergerichteten Winkels, der mit einer Spitze auf die an der Kesselseite vorgerissene Mittellinie eingestellt wird, und dessen wagerechter Schenkel mittels Wasserwage ausgerichtet wird. Der Mittelpunkt der Bohrung, durch eine in diese eingesetzte Scheibe mit Mittelpunktsbohrung kenntlich gemacht, muß auf die Oberkante des wagerechten Schenkels eingestellt werden. Ist die Stütze so in die richtige Stellung gebracht, so werden nach ihren Bohrungen die im Kesselblech herzustellenden Löcher vorgerissen usw. Sind drei oder mehrere Stützen

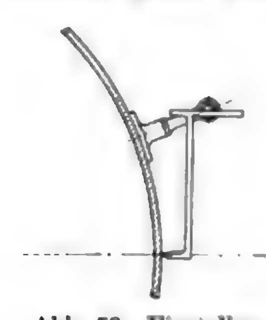


Abb. 59. Einstellen von Geländerstützen.

Digitized by Google

für ein Rohr oder dergleichen vorgesehen, so werden die vorderste und die hinterste nach dem eben besprochenen Verfahren gesetzt, die dazwischen liegenden aber mit den Mittelpunkten ihrer Bohrungen nach einer die Mittelpunkte der Endstützen verbindenden Schnur eingerichtet. Das Herstellungsverfahren dieser Stützen muß natürlich ein solches sein, daß ihre genau gleiche Höhe gewährleistet wird. Demnach ist also das bestimmende Maß für den Zusammenbau die lotrechte Entfernung der Bohrungen von der Mittellinie. Sie ist in Abb. 2 als Maß *O* eingetragen.

In vielen Fällen ist die genaue Lage eines Nebenteils nicht so überaus wichtig, um ein derartiges immerhin umständliches Meßverfahren notwendig zu machen. Dann kann man der Werkstatt eine große Erleichterung verschaffen, wenn man die Lage der betreffenden Bohrung oder dgl., ausgehend von der nächstgelegenen Mittellinie oder Scheitellinie des Kessels, auf dem Kesselschuß selbst, also im Bogen gemessen angibt. In manchen Fabriken werden sogar die Bohrungen für die Deckenstehbolzen in der Stehkesseldecke in dieser Weise festgelegt.

h) Die Aufbringung der Kesselbekleidung und des Führerhauses.

Die Kesselbekleidung besteht aus Blechtafeln. Vor den Stehbolzenköpfen sind in diese kurze Kupferröhrchen eingesetzt. Sie stützen sich mit dem einen Ende gegen die Stehkesselwand, so das Blech in bestimmter Entfernung von jener haltend; das andere Ende ist durch kalte Vernietung mit dem Blech verbunden. Die Innenseite des Bleches wird mit Ölfarbe grundiert. Zum mindesten am Stehkessel sieht man heute stets Umkleidung mit Blauasbest vor, um die Mannschaft gegen die starke Wärmeausstrahlung zu schützen. Der Blauasbest wird in Matten bezogen, in Abständen entsprechend den Abständen der obenerwähnten Kupferröhrchen gelocht, an den Blechen befestigt und mit diesen aufgebracht. Die Blechtafeln werden mit der Kreisschere auf Maß geschnitten. Der Schnitt der Kreisschere macht die Bleche zwar wellig; das ist in diesem Fall aber kein Mangel, denn die weitere Formgebung, bestehend im Einrollen der Bleche zu zylindrischen Schüssen erfolgt auf Walzen. Diese Behandlung des Bleches beseitigt aber gleichzeitig alle Unebenheiten.

Die Konsolen zur Unterstützung des Umlaufbleches werden mit Schraubzwingen am Rahmenblech bündig mit der Rahmenoberkante oder im vorgeschriebenen Abstand unter dieser angeklammert und die Bohrlöcher für die Befestigung nach den im Rahmen schon gebohrten angezeichnet. Die Konsolen werden zum Bohren abgenommen, gebohrt, endgültig mit dem Rahmen verschraubt, und der Umlauf gelegt.

Durch Aufbringen der Kesselbekleidung und Legung des Umlaufes ist die Möglichkeit gegeben, nunmehr auch das Führerhaus aufzubringen. Das Führerhaus wird für sich unabhängig von dem Zusammenbau der Lokomotive fertiggestellt. Die Behandlung der Bleche ist eine schwierigere, als die der Kesselbekleidungsbleche, weil es sich um ebene Flächen handelt, die weit schwieriger genau herzustellen sind als zylindrische, welch letztere sich beim Walzen gewissermaßen mit mathematischer Notwendigkeit von selbst ergeben, wenn nur das Blech von gleichmäßiger Beschaffenheit ist. Die Bleche werden mit Übermaß vorgezeichnet und ausgelocht. Das Übermaß soll in der Führerhausvorderwand an dem kreisförmigen Ausschnitt, der sich dem Kesselumfang anpassen soll, aus noch zu erörternden Gründen

mindestens 20 mm sein. Die Bleche werden gespannt, d. h. auf den mehrfach erwähnten Richtwalzen genau eben gerichtet. Wegen der ziemlich stark welligen Form, die die verhältnismäßig dünnen Bleche vor dem Spannen aufweisen, wird zweckmäßig der genaue Umriß erst jetzt auf einem von einer größeren Zahl zu bearbeitenden Bleche angerissen, wobei wiederum das Übermaß von 20 mm am Kreisausschnitt der Vorderwand festzuhalten ist. Es folgt die Kantenbearbeitung im Paket durch Fräsen und das Bohren der Löcher. Der Kreisausschnitt der Vorderwand bleibt noch unbearbeitet. Es hat das darin seinen Grund, daß sich das Führerhaus mit diesem Ausschnitt auf das Verkleidungsblech des Stehkessels legt. Dieses Verkleidungsblech zeigt aber gewisse Unregelmäßigkeiten in der Form, die vor allem davon herrühren, daß es keinen freien Zylinder bildet, sondern in ziemlich unregelmäßiger Weise unterstützt ist. Solche Stützungen finden z. B. statt, wo die großen Lukenwarzen mit ihren Flanschen den Zwischenraum zwischen ihm und dem Kesselblech ausfüllen, dort, wo Armaturen austreten usw. Daher nimmt man den Umriß des Bekleidungsbleches dort, wo sich die Vorderwand des Führerhauses aufsetzt, auf, indem man einen Winkel kleinen Profils auf dieser Linie genau an das Blech anrichtet. Nach der so gebildeten Lehre wird die zugehörige Vorderwand am Kreisausschnitt vorgezeichnet und bearbeitet. Eine Anzahl von Löchern in der Führerhausvorderwand zur Durchführung einzelner Rohre, Gestänge usw. wird erst nach Aufbringung des Führerhauses vorgezeichnet, weil aus Gründen, die den oben angegebenen verwandt sind, deren genaue Lage vorher nicht sicher genug bestimmbar ist. Sie mit Übermaß herzustellen und nach Einbringung des Rohres oder dgl. den frei bleibenden Querschnitt mit Blech zu verkleiden, empfiehlt sich wegen des unschönen Äußeren nicht, das infolgedessen die Wände annehmen. Auch soll man beim Bau des Führerhauses möglichst wenige der für solche Fälle erforderlichen kleinen Kopfschrauben verwenden, die stets Neigung haben, sich zu lösen, so daß belästigende klappernde Geräusche während der Fahrt entstehen.

Das Führerhaus soll unbedingt schon jetzt, also bevor die Maschine auf Achsen gesetzt wird, aufgebracht werden, denn die zahlreichen kleinen Arbeiten, die in seinem Innern vorzunehmen sind, sind sehr zeitraubend und würden sonst nicht mit den übrigen Arbeiten Schritt halten können.

3. Der Einbau des Triebwerks und der Achsen.

a) Das Aufpassen der Achslager.

Inzwischen sind die Achsen zum Einbringen in den Rahmen vorbereitet worden. Diese Vorbereitungen bestehen im Aufpassen der Achslager. Die Lagerkasten (Abb. 2) müssen an den Achsbüchsführungen so geführt sein, daß die Bohrungsachse des eigentlichen Lagers in der Mitte zwischen den Gleitflächen jener Führungen liegt, daß ferner die Führung auch in der Längsrichtung der Achsen eine vollkommene ist, d. h. daß das Lager gleichmäßiges Spiel an den Hohlkehlen M und der Radnabe N läßt (Abb. 60),

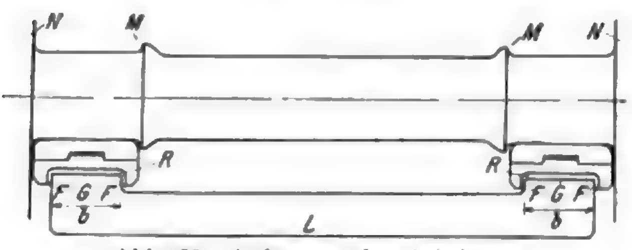


Abb. 60. Aufpassen der Achslager.

endlich, daß die Flächen F senkrecht zu den Flächen G und in einer lotrechten Ebene liegen. Die erste Forderung wird durch die Herstellungsart erfüllt. In den fertig bearbeiteten Kasten wird nämlich die Lagerschale aus Rotguß eingesetzt oder der Weißguß eingegossen. Auf der Ausbohrmaschine wird der Kasten zwischen den Flächen G so eingespannt, daß diese Flächen parallel der Bohrspindel und in gleichem Abstand von ihr stehen. Zuweilen verwendet man hierzu Ausbohrmaschinen mit einer besonderen Aufspannvorrichtung, bestehend aus zwei gegeneinander winkelrecht zur Bohrspindel beweglichen Backen, deren Flächen der Bohrspindel parallel liegen. Beide Backen werden durch eine Spindel mit Rechts- und Linksgewinde bewegt und befinden sich somit zwangläufig in stets gleichem Abstand von der Bohrachse. Die zweite Forderung wird erfüllt durch die auf S. 193 beschriebenen Messungen und Arbeiten an den Führungen, indem die Lager, wenn sie in dem durch die Führungen bedingten Abstand gehalten werden, die erwähnten Spielräume gleichmäßig an Hohlkehle und Nabe freilassen. Abb. 60 zeigt, wie dies durch die Lehre L geprüft wird. Das Breitenmaß b der Lehre muß in beide Führungen gleichzeitig spiellos hineinpassen. Daß endlich die Flächen F senkrecht G liegen, wird durch die Herstellung mit dem Formfräser erzielt; daß sie in lotrechten Ebenen liegen, wird durch Anlegen einer Wasserwage festgestellt. Hierbei muß die ganze Achse wagerecht ausgerichtet sein. Die Futterstücke R aus Rotguß müssen für die etwa erforderlichen Nacharbeiten etwas Übermaß haben, ebenso für das sogleich vorzunehmende Einpassen in die Achslagerführungen. Dies wird vorgenommen, nachdem die Lagerschalen — ohne sie aus den Kästen herauszunehmen — auf die Schenkel aufgerieben sind. Nach dem Einpassen in die Führungen werden die Lager wieder auf die Achsschenkel aufgebracht, die nunmehr zur Einbringung in den Rahmen fertig sind.

Sind Drehgestelle vorgesehen, so müssen diese inzwischen fertiggestellt sein, um gleichzeitig mit den Achsen untergebracht zu werden. Der Bau gewöhnlicher Drehgestelle bietet nichts von dem beim Rahmenbau Besprochenen Abweichendes.

b) Der Zusammenbau und der Einbau des Krauss-Helmholtzschen Drehgestelles.

Dagegen sind einige Bemerkungen über den Zusammenbau des Krauss-Helmholtzschen Drehgestells am Platz (Abb. 61). Es sind nämlich besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich, um genau parallelen Lauf beider durch das Gestell verbundenen Achsen in gerader Strecke zu erzwingen oder mit anderen Worten, dafür Sorge zu tragen, daß bei Mittelstellung der zweiten seitlich verschiebbaren Achse die vordere radial einstellbare Achse genau rechtwinklig zur Bahnachse steht. Bei Nichterfüllung dieser Bedingung hat die Vorderachse Neigung, in gerader Strecke an einem Strang anzulaufen. Die Folge ist Neigung der Lokomotive zum Schlingern und Scharflaufen des anlaufenden Radreifens. Man verfährt zur Vermeidung dieser Übelstände wie folgt:

Das Drehgestell sei fertig zusammengebaut; die Paßstücke p fehlen noch. Die lichten Entfernungen zwischen den Radreifen werden an beiden Achsen nachgemessen. Da bei der Abnahme von Radsätzen Abweichungen

dieses Maßes von ± 3 mm zugelassen werden, so sind hier Unterschiede möglich, die festgestellt werden müssen. Es werde angenommen, daß sich die Maße bei beiden Achsen gleich ergeben. Legt man nun, wie dies Abb. 61 darstellt, ein Lineal so gegen die Innenfläche der Radreifen, daß es an diesen in *a*, *b*, *c* und *d* anliegt, so hat man die Gewähr, daß die Achsen parallel sind, denn die Radreifeninnenflächen liegen jetzt in einer Ebene und die Mittellinien der Achswellen stehen nach der Art der Einspannung, bei der jene Flächen abgedreht wurden, zu ihnen senkrecht. Gleichzeitig ist aber die Stellung der Achsen, wenn sich die Lineale in besprochener Weise anlegen lassen, die des Laufes in gerader Strecke. Beim Lauf in gerader Strecke sollen nämlich die Laufkreise zweier aufeinander folgender Räder in einer Ebene liegen. Diese Bedingung zeigt sich aber erfüllt, wenn man beachtet, daß die Laufkreise L_1, L_2 von den Reifeninnenflächen beider Räder gleich weit entfernt sind.

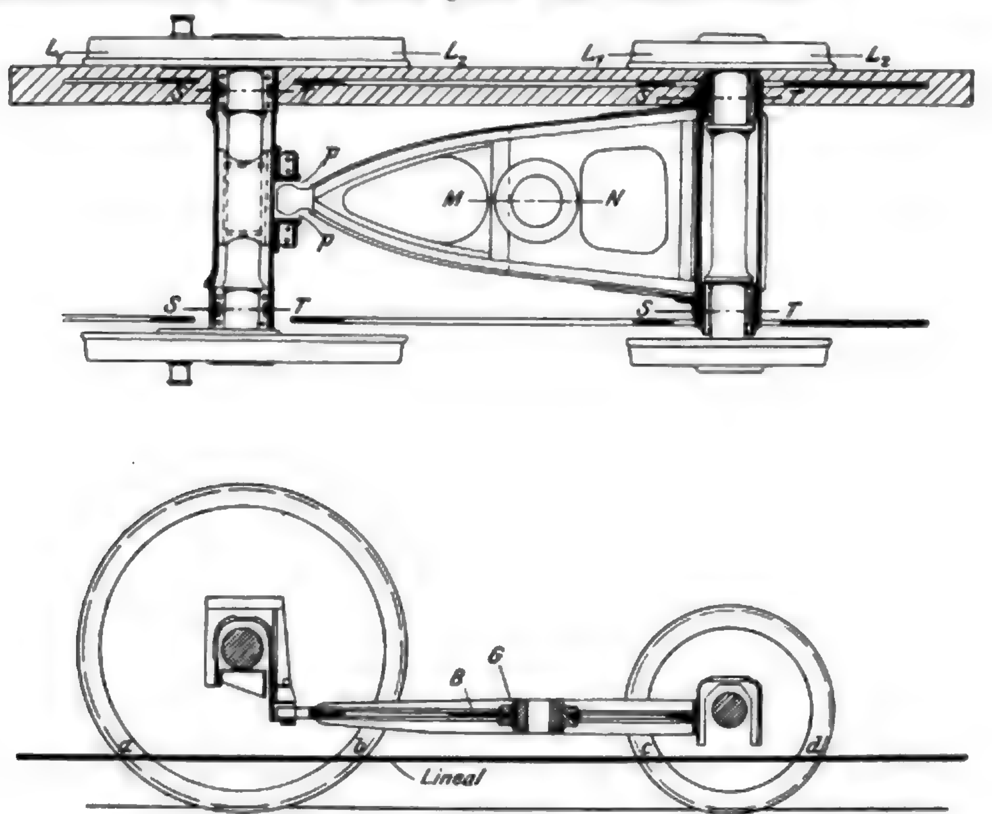


Abb. 61. Einbau des Krauss-Helmholtzschen Drehgestelles.

In dieser Stellung werden die Maße für die Paßstücke *p* genommen.

Haben die Reifeninnenflächen beider Achsen ungleiche Entfernung, so muß dies bei den vorstehend beschriebenen Messungen durch Zwischenlagen am Lineal ausgeglichen werden.

Für das richtige Zusammenwirken des Drehgestelles und des Lokomotivfahrzeuges ist eine weitere Bedingung die, daß die Zapfenlagermittellinie *MN* in der Mitte zwischen den Lagermittellinien *ST* liegt, und daß ebenso die Mittellinie des am Hauptrahmen liegenden Drehzapfens in der Mitte liegt zwischen den Mittellinien der im Hauptrahmen geführten Lager der rechten und der linken Maschinenseite. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so laufen die Achsen in gerader Strecke zwar zunächst parallel, aber die

Digitized by Google

Längsachsen des Drehgestelles und des Hauptrahmens sind um einen gewissen Betrag gegeneinander verschoben. Nehmen wir zunächst an, es sei in einem bestimmten Zeitpunkt die Stellung von Drehgestell und Hauptrahmen eine solche, daß die Räder der im letzteren gelagerten Achsen an beiden Seiten gleiche Spielräume zwischen Spurkranz und Schiene aufweisen, während die Räder des Gestelles an der einen Seite geringeres Spiel, wie an der anderen zeigen, so finden wir sofort, daß dies kein Dauerzustand sein kann, denn infolge der bekannten Wirkung der Kegelform der Radreifen oder bei starken Verschiebungen auch durch den Spurkranzdruck übt das Drehgestell einen Druck auf seinen Drehzapfen, also auf den Hauptrahmen aus und stellt ihn schräg[1]). Diese Schrägstellung wirkt aber auf das Drehgestell zurück, dessen zweite, seitlich verschiebbare Achse der Schrägstellung des Hauptrahmens folgen muß. Die so gekennzeichneten Schrägstellungen haben natürlich ungleichmäßige Reifenabnutzung zur Folge und beeinträchtigen die Ruhe des Ganges.

Um in dieser Hinsicht ganz sicher zu gehen, dürfte sich folgendes Verfahren empfehlen:

Wenn die Lokomotive auf das Drehgestell niedergelassen wird, ist das Lagergehäuse *G* für den Drehzapfen auf dem Blech noch nicht befestigt. Die Löcher für die Befestigungsschrauben sind nur in diesem, nicht aber im Lagergehäuse gebohrt. Sie sollen in diesem nach den im Blech vorhandenen vorgerissen werden, nachdem man das Gehäuse durch seitliche Verschiebung so eingestellt hat, daß es beim Niederlassen des Hauptrahmens den an diesem gelagerten Drehzapfen zwanglos aufnimmt. Zuvor ist aber noch die Bedingung zu erfüllen, daß sämtliche Achsen, sowohl die im Hauptrahmen, wie die im Drehgestell gelagerten hinsichtlich des Spielraumes zwischen Spurkranz und Schienenkopf gleich stehen, d. h. daß dieser entweder bei allen Achsen an beiden Seiten gleich oder an der einen Seite um einen gleichmäßigen Betrag kleiner als an der anderen oder auch = 0 ist. Bekanntlich beträgt der erwähnte Spielraum im geraden Gleis von 1435 mm Spurweite 10 mm.

Diese Einstellung der Achsen wäre vorzunehmen, wenn die Lokomotive, noch von den Winden getragen, fast ihre Tiefstellung erreicht hat. Die Prüfung, ob die erwähnte Bedingung erfüllt ist, wäre wieder mit dem an die Reifeninnenflächen der Räder anzulegenden Lineal, das aber mindestens bis zur ersten fest im Rahmen gelagerten Achse durchgehen muß, vorzunehmen. Darauf wird dann das Lagergehäuse *G* auf dem Blech des Drehgestelles so verschoben, daß es den am Hauptrahmen fest gelagerten Drehzapfen aufnimmt. Dann werden die Bohrlöcher im Flansch des Gehäuses nach den im Blech schon vorhandenen Löchern vorgezeichnet usw. Der Ausschnitt im Blech *B* zur Aufnahme des Halses des Lagergehäuses muß zur Ermöglichung dieses Verfahrens etwas seitliches Spiel haben, um das Gehäuse seitlich verschieben zu können. In Längsrichtung der Lokomotive ist besser kein Spiel vorzusehen, damit auf diese Weise ohne weitere Messung der richtige Abstand der Drehgestellachsen von den anderen erzielt wird.

---

[1]) Vgl. die Darstellung der Wechselwirkung von Drehgestell und Hauptrahmen in dem Aufsatz von R. v. Helmholtz „Kurvenbewegliche Lokomotiven“ Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1553.

Digitized by Google

Eine nicht unwesentliche Vereinfachung hinsichtlich der zuletzt geschilderten seitlichen Einstellung der Achsen wird erzielt, wenn man das Gleis, auf dem die Lokomotive beim Zusammenbau steht, ohne den erwähnten Spielraum von beiderseits 10 mm also mit nur 1415 mm Spurweite verlegt. Die Achsen stellen sich dann von selbst richtig ein, und zwar erfolgt die Einstellung dann gerade von den maßgebenden Stellen, den Spurkränzen, aus; es wird also die Möglichkeit kleiner Fehler, verursacht durch einen etwas schmal gedrehten Spurkranz oder dgl., beseitigt. Es ist dem Verfasser unbekannt, ob Aufbaugleise mit 1415 mm Spurweite irgendwo verwandt werden.

Wird der Zusammenbau in der geschilderten sorgsamen Weise gehandhabt, so werden Bedenken gegen das Krauß-Helmholtzsche Drehgestell, wie sie hin und wieder aus vereinzelten Erfahrungen heraus gemacht werden, verstummen.

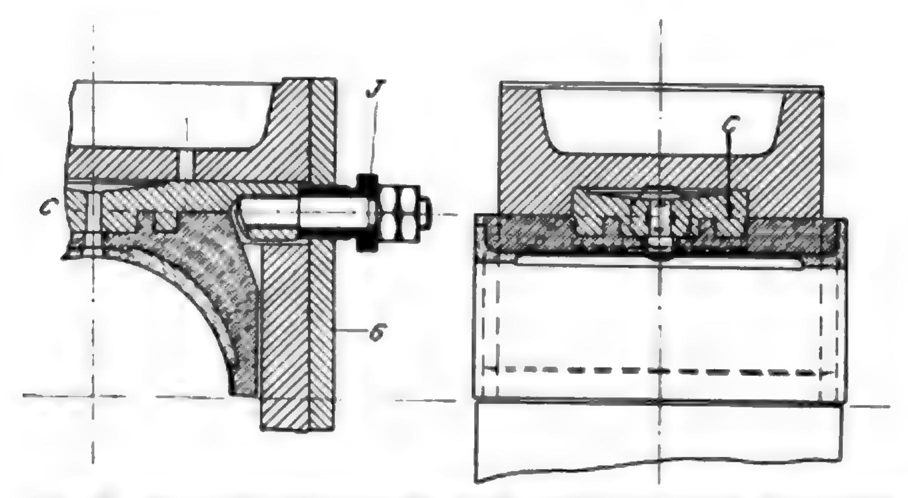


Abb. 62. Nachstellvorrichtung für das Krauss-Helmholtzsche Drehgestell.

Eine bemerkenswerte Verbesserung hat das Krauß-Helmholtzsche Drehgestell durch eine Vorrichtung erfahren, die sowohl kleine Ungenauigkeiten beim Zusammenbau unschädlich macht, wie auch Fehler, die sich im Betriebe bei Gelegenheit von Ausbesserungen usw. einschleichen sollten, aufzuheben gestattet.[1]) Mit dieser Vorrichtung (Abb. 62) ist eine große Zahl von Lokomotiven versehen, die von der Firma Krauß u. Co. für die bayerischen Staatsbahnen, die Pfalzbahn und die Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen geliefert wurden. Sie besteht in einer geringen Längsverschieblichkeit ($2 \times 3^1/_2 = 7$ mm) der Laufachs-Lagerschalen in den Lagerkästen, bewirkt durch den Schieber *C*, der sich vermittels der hohlen, mit Gewinde im Lager-Verbindungsblech *G* sitzenden Schraube *J* nach Bedürfnis ein- und feststellen läßt. Zeigt z. B. eine Vorderachse eine auffallende Neigung, nach rechts anzulaufen, so kann dem dadurch abgeholfen werden, daß entweder die rechte Lagerschale etwas nach vorn gezogen (Linksdrehung von *J*), oder aber die linke etwas zurückgeschoben wird (Rechtsdrehung), worauf wieder Feststellung durch die

[1]) Ich verdanke die Kenntnis dieser Vorrichtung einer liebenswürdigen Mitteilung des Herrn R. v. Helmholtz, Oberingenieurs der Lokomotivfabrik Krauss u. Co. in München.

Digitized by Google

Gegenmuttern zu erfolgen hat. Erleichtert wird die Einstellung durch schwaches Anheben des Vorderteils der Lokomotive auf der betreffenden Seite. Die Vorrichtung kann ohne genaue Messungen leicht nach dem Augenschein bedient werden, da sich bei neuen Radreifen einseitiger Lauf sofort durch verschiedenen Glanz der Spurkranz-Hohlkehlen kundgibt.

c) Das Niederlassen der Lokomotive auf die Achsen und das Einstellen der Steuerung.

Die Lokomotive wird hochgewunden und die Achsen, Drehgestelle usw., die in oben ausgeführter Weise vorbereitet sind, werden mit Lagern und Lagerkästen unter den Achsbuchsführungen aufgestellt. Die in den Achsbuchsführungen für Kuppel- und Triebachsen vorgesehenen Stellkeile sind noch nicht wieder eingebracht, damit die Lagerkästen von den Führungen zwangloser aufgenommen werden. Was hinsichtlich der Drehgestelle beim Niederlassen der Lokomotive zu beachten ist, um ihnen die richtige Stellung zum Rahmen zu geben, ist besprochen. Hinsichtlich der Trieb- und Kuppelachsen aber sind noch die Maßnahmen zum Einstellen der Steuerung zu beschreiben.

Es werden, um die Besprechung fernerhin wieder streng an die in Abb. 2 dargestellte Lokomotive anzulehnen, auf die Achslagerkästen der Kuppelachsen Füllstücke gelegt, die also, wenn die Lokomotive darauf niedergelassen wird, den Spielraum zwischen Lagerkasten und oberer Begrenzung des Rahmenausschnittes ausfüllen. Jene Spielräume haben im betriebsfertigen Zustand der Lokomotive und bei mittlerer Stellung von Rahmen und Achsen zueinander, also bei mittlerer Federstellung, eine bestimmte Größe. Diese mittlere Stellung der Achsen ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zylindermittellinie durch die verlängert gedachte Mittellinie der Triebachse geht. Jene Füllstücke werden nun etwas höher als der Spielraum bei Mittelstellung gewählt und, wie schon erwähnt, nur auf die Lagerkästen der Kuppel- nicht der Triebachse gelegt. Das hat zur Folge, daß die Lokomotive sich, wenn die Winden nachgelassen werden, lediglich auf die Kuppel- und etwaige Laufachsen stützt, daß dagegen die Triebachse unbelastet bleibt und, um in Mittelstellung zu gelangen, etwas angehoben werden muß. Es ist dabei daran zu erinnern, daß Federn und Ausgleichhebel noch nicht eingebaut sind. Das Anheben der Triebachse kann mittels einer einfachen noch zu beschreibenden Vorrichtung also mit Leichtigkeit bewerkstelligt und die Achse zur Einstellung der Steuerung gedreht werden. Ist die Lokomotive niedergelassen, so werden die Achslagerstellkeile eingebracht.

Bei der Heusingersteuerung, mit der die Lokomotive der Abb. 2 versehen ist, bildet die Pleuelstange einen Bestandteil der Steuerung; sie muß also zunächst mit dem Kreuzkopf eingebaut werden. Der Kreuzkopf ist in der mechanischen Werkstatt mit der Kolbenstange zusammengepaßt; seine Gleitflächen sind parallel der Stangenachse mit geringer Zugabe bearbeitet; sie werden durch Nachfeilen passend gemacht, so daß der Kreuzkopf ohne Spiel an der Gleitbahn geführt wird. Der Kolben wird von vorn her in den Zylinder eingebracht und mit dem Kreuzkopf verbunden.

Die Stangenlager der Pleuelstange sind in der mechanischen Werkstatt vollständig bearbeitet, in die Stangen eingepaßt und im besonderen

sind auf Spezialmaschinen gleichzeitig die beiden Lager einer Stange mit dem vorgeschriebenen Stichmaß, d. h. mit der durch Zeichnung vorgeschriebenen Entfernung der Bohrachsen voneinander, der geometrischen Stangenlänge, ausgebohrt. Die Lager werden jetzt zunächst wieder aus der Stange herausgenommen. Die zusammengehörigen Lagerschalen werden in eine Schraubzwinge gespannt und auf den zugehörigen Zapfen aufgeschabt. Ist etwa noch Spiel vorhanden, so wird an den Kanten, mit denen die Schalen aneinanderstoßen, mit der Feile etwas fortgenommen. Die Lager werden also ohne jedes Spiel eingebaut. Es ist das bei den immerhin nicht eben großen Zapfendurchmessern der Lokomotiven zulässig, während bekanntlich bei großen Schiffsmaschinen u. dgl. absichtlich ein gewisser Spielraum vorgesehen werden muß. Die Lager werden wieder in die Pleuelstange ein-, und diese angebaut. Die Stellkeile der Lager sollen nicht in tiefster Stellung stehen, sondern ein wenig darüber, damit die Lager, wenn sie bei den ersten Fahrten Neigung zum Heißlaufen zeigen, etwas gelockert werden können.

Die eigentlichen Steuerungsteile, die jetzt einzubauen sind, sind wie folgt vorbereitet:

Der Schieber, im Fall der Abb. 2 also Kolbenschieber, ist noch nicht auf Länge gestochen, im übrigen aber fertig bearbeitet. Die äußere und innere Überdeckung soll also erst jetzt beim Anbau auf das richtige Maß gebracht werden. Die beiden Lagerböcke 36 für die Kulisse haben an den Flächen, mit denen sie sich gegen die Flächen *f* des Gleitbahnträgers 25 legen (Abb. 2e) noch starkes Übermaß; die Löcher für die Befestigungsschrauben sind in ihnen noch nicht, wohl aber im Gleitbahnträger gebohrt. Am Gleitbahnträger sind die Anlageflächen *f* bearbeitet; sie sind in Höhe und Breite größer gehalten, als die Grundflächen der Lagerböcke, damit man diese je nach den Erfordernissen, die der Zusammenbau ergibt, ein wenig nach rechts oder links, nach oben oder unten verschieben kann. Die Stellvorrichtung 48 in der Schieberstange, die später im Betriebe der Schieberregelung dienen soll, ist in Mittellage eingestellt; sie darf beim erstmaligen Einstellen der Steuerung nicht benutzt werden, damit ihre Mittellage erhalten bleibt und man im Betriebe gleichen Spielraum für beide Richtungen des Nachstellens hat.

Die so vorbereiteten Schieber und Schieberschubstangen werden eingebaut. Die Kulissenlager 36 werden mit Schraubzwingen am Gleitbahnträger angeklammert, und die Kulisse angebracht. An Stelle der Exzenterstange wird eine Hilfsstange eingebaut, deren Länge durch Schieber und Klemmschraube veränderlich gemacht ist.

Die Steuerwelle wird mit den Hebeln 37 und 38 eingebaut; ihre Lage wird am besten auf die lotrechte Triebachsmittellinie und die Zylindermittellinie bezogen. Wie die zugehörigen Messungen auszuführen sind, und wie man das genaue Maß durch Nacharbeiten der Auflagerfläche des Lagerbockes für die Steuerwelle erzielt, ist aus früher besprochenen ähnlichen Messungs- und Anbauverfahren ohne weiteres ersichtlich. Die Steuerungszugstange 39 wird noch nicht eingebaut, sondern statt dessen eine Stange, deren Länge, ähnlich wie für die Exzenterstange beschrieben, durch Schieber und Klemmschraube veränderlich gemacht ist.

Jetzt wird auch auf das Triebachslager ein Füllstück gelegt. Dieses Füllstück hat eine Höhe *a* gleich der Höhe, die der Zwischenraum zwischen

Digitized by Google

Lagerkasten und oberer Begrenzung des Rahmenausschnittes bei Mittelstellung der Achse in betriebsfertigem Zustand haben soll. Wird also die Achse angehoben, so bilden die Füllstücke einen Anschlag, der die Achse in der für die Einstellung der Steuerung geeigneten Lage, das ist eben die Mittelstellung, festhält. Abb. 63 zeigt eine einfache zum Anheben der Achse und Einstellen der Kurbel in die Totlage geeignete Vorrichtung. Die beiden Winkel w_1 und w_2 tragen vier Rollen, die zur Aufnahme der Räder bestimmt sind. Sobald die Mutterschrauben m angezogen werden, nähern sich die Winkel und heben die Triebachse, deren Eigengewicht ja nur zu überwinden ist, an, solange es die Füllstücke erlauben, also bis die Mittelstellung erreicht ist. Durch Drehung einer Rolle mittels eines bei h aufgesteckten Hebels kann die Achse in Drehung versetzt werden.

Um die Achse genau auf die eine oder die andere Totpunktlage der Kurbel einstellen zu können, wird unmittelbar neben dem Triebrad ein ⎽⎽|⎺⎺ förmiger Blechstreifen, wie Abb. 2b und 2c dies bei h zeigt, am Rahmen dergestalt befestigt, daß er mit dem einen Schenkel am Rahmen anliegt, mit dem andern unmittelbar vor der Vorderfläche des Triebradreifens liegt. Die Oberkante letztgenannten Schenkels wird in die Höhe der Zylindermittellinie gelegt. Diese Einstellung kann in verschiedener Weise geschehen. Man kann z. B. von der Körnermarke am Achskopf der hinter der Triebachse liegenden Kuppelachse zu der gleichen Körnermarke der vor der Triebachse liegenden Kuppelachse an der Triebachse vorbei einen Draht ziehen. Die Zwischenlagen zwischen den Lagerkästen der Kuppelachsen und den Rahmenausschnitten seien b mm hoch. Die Höhe des Zwischenraumes, in dem jene Stücke liegen, beträgt bei Regelstellung der Maschine nur a mm. Es muß also die obere Kante jenes Blechstreifens um $(b - a)$ mm über den Draht gelegt werden. Auf dem Radreifen befinden sich nun Marken, die genau in Kurbelrichtung stehen. Sie sind vor dem Einbringen der Achse mit dem Parallelreißer angebracht, als jene auf einer hierzu mit besonderen Lagerböcken zur Aufnahme der Achsschenkel versehenen Reißplatte auf genau rechtwinklige Stellung der Kurbeln untersucht wurde. Wird die Achse also auf die richtige Höhenlage gegen Rahmen und Kessel gebracht und so gedreht, daß die erwähnte Marke auf Oberkante Blechstreifen einspielt, so ist damit die Kurbel in genaue Totpunktlage gebracht.

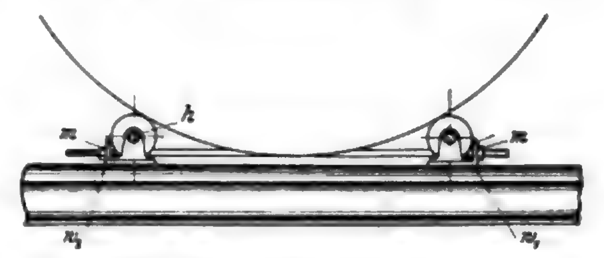


Abb. 63. Vorrichtung zum Anheben und Drehen der Achsen.

Hierauf können die Messungen beginnen. Neben die Lokomotive wird eine Reißplatte gelegt und in die Wage gebracht. Der Lagerbock für die Kulisse wird in der Höhe so eingestellt, daß — Geradantrieb der Steuerung vorausgesetzt — ein Parallelreißer sowohl auf die Körnermarke des Bolzens 40, der Exzenterstange und Kulisse miteinander verbindet, wie auch auf die Körnermarke der im Totpunkt stehenden Kurbel 41 einspielt. Bei Schrägantrieb der Steuerung, wie er bei der Lokomotive der Abb. 2 vorhanden ist, liegt der Angriffspunkt der Exzenterstange an

der Kulisse um einen durch Zeichnung vorgeschriebenen Betrag höher als der Kurbelzapfen. Die sinngemäße Änderung des Verfahrens ergibt sich von selbst. In diesem Fall ist also als Maß für den Zusammenbau in die Zeichnung einzutragen die lotrechte Entfernung des von jenem Angriffspunkt 40 an der Kulisse beschriebenen Kreises bis zur wagerechten Mittellinie der Triebachse, die bei wagerecht angeordneten Zylindern mit der Zylindermittellinie zusammenfällt (Maß *P* in Abb. 2). In seitlicher Stellung ergibt sich die richtige Stellung der Lagerböcke einfach dadurch, daß sich die Schieberschubstange zwanglos in der Kulisse auf- und niederbewegen lassen muß. Von der genau lotrechten Stellung der Kulisse hat man sich durch Anlegen einer Wasserwage an ihre Seitenfläche zu überzeugen. Hat der Kulissenbock in dieser Weise seine richtige Lage erhalten, so werden die Löcher für die Befestigungsschrauben in ihm nach den im Gleitbahnträger schon vorhandenen angerissen.

Die Schieberschubstange wird auf Mittelstellung der Steuerung gelegt, indem man sie mit dem Parallelreißer auf den Höhenunterschied *Q* der Mittelpunkte ihrer Endbolzen 42 und 43 einstellt. Es wird ebenfalls mit Parallelreißer festgestellt, ob bei dieser Stellung der Schubstange auch Hebel 37 an der Steuerwelle wagerecht bzw. ob sein Endpunkt um den vorgeschriebenen Betrag *R* höher, als die Steuerwelle liegt. Ist dies nicht der Fall, so wird das Maß gemerkt, um das das Hängeeisen 44 gestaucht oder gestreckt werden muß, um jene Bedingung zu erfüllen.

Die Einregelung der Steuerung erfolgt nach zwei Bedingungen: 1. Das Voreilen soll — immer Heusingersteuerung vorausgesetzt — unveränderlich sein; 2. die äußere und die innere Überdeckung soll das im Steuerungsentwurf vorgesehene Maß haben.

Um zu prüfen, welche Nacharbeiten erforderlich sind, um die erste Bedingung zu erfüllen, wird die Steuerung, während die Kurbel nach wie vor in der Totlage steht, aus der äußersten Stellung für Vorwärtsgang in die äußerste Stellung für Rückwärtsgang umgestellt. Dies wird für die andere Totlage der Kurbel wiederholt. Der Schieber müßte, wenn er in allen Stellungen gleiches Voreilen gäbe, während des Verlegens der Steuerung seine Lage unverändert beibehalten. Dies wird im allgemeinen nicht beim ersten Versuch zutreffen, kann aber durch Einstellen der Hilfsstange, die wie oben erwähnt, an Stelle der Exzenterstange eingebaut ist, nach einigen Versuchen erzielt werden. Ist die Länge, die die Hilfsstange nach Erfüllung der in Rede stehenden Bedingung hat, b, die Länge der eigentlichen zum Einbau bestimmten Exzenterstange a, so ist $a - b$ der Betrag, um den die Höhe der Kulissenlagerböcke, gemessen von ihrer Anlagefläche am Gleitbahnträger bis zur Achse der Kulissenzapfen, verringert werden muß. Jene Anlageflächen sind also entsprechend nachzuhobeln.

Die Nacharbeiten zur Erfüllung der zweiten Bedingung sind am Schieber vorzunehmen. Man mißt die Überdeckungen in den beiden Totpunktstellungen. Dies läßt sich für die Einströmungsüberdeckung sehr bequem durch die Schauöffnungen *S* am Schieberkasten bewerkstelligen. Man erhält stets Maße, die größer sind als die vorgeschriebenen, weil der Schieber noch nicht auf Länge abgestochen ist. Die Unterschiede zwischen gemessenen und vorgeschriebenen Maßen sind zu merken, um hiernach die endgültige Bearbeitung der Schieber vorzunehmen.

Endlich ist die genaue Länge der Steuerungszugstange 39 zu ermitteln. Der leitende Gesichtspunkt hierbei ist der, daß den äußersten Endlagen der Schieberschubstange für Vorwärts- und Rückwärtsgang auch die äußersten Stellungen des Steuerungshebels auf dem Führerstand oder der Stellmutter, wenn Schraubensteuerung vorgesehen ist, entsprechen müssen. Die Hilfsstange, die an Stelle der eigentlichen Steuerungszugstange eingebaut ist, wird auf diese Länge eingestellt und diese auf das so gefundene Maß gestreckt. Da sich das Strecken einer so langen Stange leicht und im kalten Zustand bewerkstelligen läßt, so tut man gut, sie von vornherein eher zu kurz als zu lang auszuführen, um die Notwendigkeit des Stauchens auf jeden Fall zu vermeiden.

d) Vollendungsarbeiten.

Die Steuerung wird zur Vornahme der Nacharbeiten abgebaut. Der Wiederanbau bietet nichts sonderlich Bemerkenswertes. Das Lager der Exzenterstange an der Gegenkurbel ist hinsichtlich des Aufschabens usw. wie die Lager der Pleuelstange zu behandeln.

Ähnliches gilt für die Lager der Kuppelstangen. Zum Einbau dieser muß bei der Gesamtanordnung der Abb. 2 die Pleuelstange wieder entfernt werden. Um die Anbringung der Kuppelstangen zu ermöglichen, muß die Kurbelrichtung der zu kuppelnden Achsen die gleiche sein. Die Achsen müssen also mit der Vorrichtung der Abb. 63 gedreht werden, nachdem die Lokomotive zuvor angehoben ist.

Dies Anheben der Lokomotive ist ohnedies erforderlich, um Federn und deren Ausgleichhebel ohne Spannung der ersteren einbringen zu können.

Die Lokomotive ist damit zusammengebaut und wird in die Lackierwerkstatt überführt. Die dort vorzunehmenden Arbeiten sollen, weil nicht maschinentechnischer Natur, hier übergangen werden. Ebenso sind in Vorstehendem manche Nebenarbeiten, die Anbringung der Luftdruckbremse und ihrer Zubehörteile, des Sandstreuers usw. nicht erwähnt, weil sie nichts Besonderes bieten.

4. Die Herstellung der Einzelteile.

Während die in den vorangehenden Abschnitten besprochenen Arbeiten ein ganz bestimmtes Gepräge durch die einleitend gekennzeichnete Eigenart der Lokomotive erhielten, trifft dies für die Herstellung der einzelnen Bauteile nicht im gleichen Umfang zu. Die Berührungspunkte mit den im allgemeinen Maschinenbau üblichen Verfahren sind zahlreich. Dementsprechend können die Erörterungen hier etwas kürzer gefaßt werden, und es genügt, dem Lokomotivbau Eigentümliches hervorzuheben.

a) Die Dampfzylinder.

Der Dampfzylinder der Lokomotive unterscheidet sich von dem der ortsfesten Dampfmaschinen dadurch, daß der Anschluß an den Maschinenkörper seitlich erfolgt, und zwar durch eine ausgedehnte Anlagefläche E_1 und eine Auflagefläche E_2 (Abb. 2d), mit denen das Gußstück sich an und auf den Rahmen legt. Aus dem, was im Abschn. 3 über den Anbau des Zylinders und Triebwerkes gesagt wurde, geht hervor, daß

diese Flächen der Bohrungsachse genau parallel sein müssen; ebenso muß, weil die Schleiffläche *R*, auf die der hintere Deckel aufgeschliffen wird, zur Einstellung des Zylinders in der Längsrichtung der Lokomotive dient, diese senkrecht zur Bohrung liegen, eine Notwendigkeit, für die ja auch noch andere Gründe sprechen. Auf diese Forderungen muß das Herstellungsverfahren Rücksicht nehmen.

Es werde wieder der Zylinder der Abb. 2 zugrunde gelegt.

Der Gußkopf ist bereits in der Gießerei abgestochen. In der mechanischen Werkstatt beginnt man mit der Herstellung der Zylinderbohrung, ohne daß ein Vorzeichnen vorausgeht. Es wird auf gleichmäßige Wandstärke gebohrt, indem man das Gußstück so auf den Bohrtisch legt, daß die Achse der Bohrspindel in der Mittellinie des die Außenfläche bildenden Zylinders liegt. Die Bohrmaschine bearbeitet die Lauffläche mit drei bis fünf Stählen. An den Enden bearbeiten fliegende Supporte die Schleiffläche *R*, die Endflächen des Gußstückes, soweit es dem im Kreis sich bewegenden Werkzeug zugänglich ist, und die Erweiterungen an den Enden der Zylinderbohrungen. Zunächst setzen sich diese Erweiterung und die eigentliche Kolbenlauffläche als Stufen gegeneinander ab; durch ein Fassonmesser wird zum Schluß der vermittelnde kegelförmige Übergang hergestellt. Die Hauptbohrung kann im allgemeinen mit zwei Spänen fertiggestellt werden; der zweite, der Schlichtspan, soll höchstens $^1/_8$ mm stark sein. Während er genommen wird, darf kein anderer Stahl, also kein fliegender Support, arbeiten, damit Erschütterungen ausgeschlossen werden.

Die Gesamtanordnung der Maschine mit ihren fliegenden Supporten gibt die Gewähr, daß Schleiffläche und Bohrachse aufeinander senkrecht stehen.

Der Zylinder geht zur Reißplatte. Beim Vorzeichnen geht man entsprechend den oben mitgeteilten Forderungen von der eben hergestellten Bohrung aus. Die Bohrachse, festgelegt durch Stege, die in die Bohrung gespannt werden, und auf denen der Mittelpunkt der Bohrung angekörnt wird, richtet man parallel der Reißplatte ein. Es werden angerissen: Die An- und Auflagefläche des Zylinders am Rahmen, die Anlagefläche der Paßstücke 31 (Abb. 2a und 2c), die Stärken aller Flansche usw. Die Weite der Bohrungen für die Kolbenschieberbuchsen und für die Abdampfleitung werden nur „auf Auskommen" vorgerissen, d. h. es wird geprüft, ob bei der angenommenen Lage der An- und Auflagefläche die für jene Bohrungen im Gußstück vorgesehenen Löcher mit ihrem ganzen Umfang sicher innerhalb der nachher herzustellenden Bohrungen fallen, so daß nicht etwa unbearbeitete Stellen in der Bohrung stehen bleiben. Genügt der erste Versuch in dieser Hinsicht nicht, so muß der Zylinder ein wenig um seine Achse gedreht werden usw. Genau können die erwähnten Bohrungen noch nicht vorgerissen werden, denn die Außenflächen des Gußstückes sind an den betreffenden Stellen noch unbearbeitet, also zur Aufnahme eines genauen Risses ungeeignet. Das gleiche gilt für die zahlreichen Flansche, deren Außenflächen ja erst nach den eben hergestellten Rissen bearbeitet werden sollen.

Die Aufspannung auf dem Frästisch zum Fräsen der An- und Auflageflächen erfolgt in der Weise, daß sich zwei parallele zum Tisch senkrechte Flächen an die Schleifflächen *R* pressen. Hierdurch ist die genau parallele Lage der Bohrachse zum Tisch gewährleistet. Der Tisch ist um

eine lotrechte Achse drehbar und mit Gradeinteilung versehen. Bei Einstellung auf 0° stehen die Fräserachsen parallel zu den obenerwähnten Spannflächen, und der Längsvorschub des Tisches erfolgt alsdann rechtwinklig zu den Spannflächen und den Fräserachsen. Bei dieser Einstellung ist also die eingangs erwähnte Bedingung, daß Bohrachse, An- und Auflageflächen parallel sein müssen, erfüllt. Die Bearbeitung der Flächen für die Paßstücke 31 erfolgt in gleicher Aufspannung. Nach einer Drehung des Frästisches um 90° werden die gegen die Schleifflächen *R* zurücktretenden Stirnflächen des Gußstückes, die bei Herstellung der Zylinderbohrung dem fliegenden Support nur in einem Kreise von beschränktem Durchmesser zugänglich waren, bearbeitet.

Es folgt das Abflächen der Flanschflächen, das nichts besonders Bemerkenswertes bietet.

Hiermit sind alle Außenflächen bearbeitet, und es können auf diesen nunmehr geebneten Flächen die Bohrungen für die Kolbenschieberflächen, die Abdampfleitung, die Bohrungen in den verschiedenen Flanschen und Stutzen für Frischdampf, Entwässerung, Ölzuführung usw. nebst Linsensitzen und Löchern für die Stiftschrauben zur Befestigung der Anschlußflansche vorgerissen werden. Der Zylinder wird also zum zweitenmal zur Reißplatte geschafft. Er erhält einmal die Stellung mit parallel zur Reißplatte laufender Bohrachse, ein andermal mit lotrecht zu ihr stehender. Die Einstellung erfolgt im letzteren Fall nach einem auf die obere Schleiffläche gelegten Lineal, das in jeder Lage gleiche Höhe über der Reißplatte zeigen muß. Die lotrechte Aufstellung ist erforderlich, um die zweiten Mittellinien für die Bohrungen in den seitlich des Zylinders angebrachten Flanschen anreißen zu können.

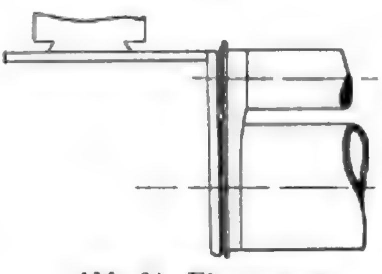


Abb. 64. Einspannen des Zylinders.

Abb. 64 zeigt, wie nunmehr der Zylinder mit Hilfe eines Winkels auf dem Tisch der Bohrmaschine aufzustellen ist; legt man weiterhin die Bohrachse parallel zum Bohrtisch, so ist damit die Gewähr gegeben, daß die Achsen der Bohrungen für Kolbenschieberbüchsen und Abdampfleitung parallel der Zylinderachse liegen. Die Herstellung der Bohrungen in den Flanschen bietet nichts Erwähnenswertes.

Die Bohrungen für die Stiftschrauben zur Befestigung der Deckel werden mit Bohrschablone hergestellt, um weitgehendste Austauschbarkeit der Einzelteile untereinander zu ermöglichen. Unter der gleichen Maschine werden die Gewinde geschnitten. Die Stiftschrauben werden eingeschraubt. Das Zylindergußstück wird der Druckprobe unterzogen. Der hintere Zylinderdeckel wird hierbei durch einen besonders hierfür vorrätig gehaltenen Deckel ersetzt. In dem eigentlichen Deckel sind nämlich die Löcher für die Befestigungsschrauben noch nicht gebohrt, weil sie erst mit Rücksicht auf die richtige Lage der Gleitbahn angekörnt werden (vgl. S. 195). Die hinteren Deckel werden daher für sich geprüft, indem je zwei an den Schleifrändern gegeneinander gespannt werden und in den so gebildeten Hohlraum Wasser gedrückt wird. Diese Prüfung erfolgt natürlich zur Vermeidung vergeblicher Arbeiten vor dem Anpassen der Gleitbahn. Ebenso ist an anderer Stelle ausgeführt, daß und warum An- und Auf-

lagefläche des Zylinders in der mechanischen Werkstatt noch nicht auf ihr endgültiges Maß bearbeitet werden.

b) Das Triebwerk.

Kolben, Kolbenstange und Kreuzkopf haben bei der Lokomotive sehr einfache Formen, so daß sich eine besondere Besprechung erübrigt.

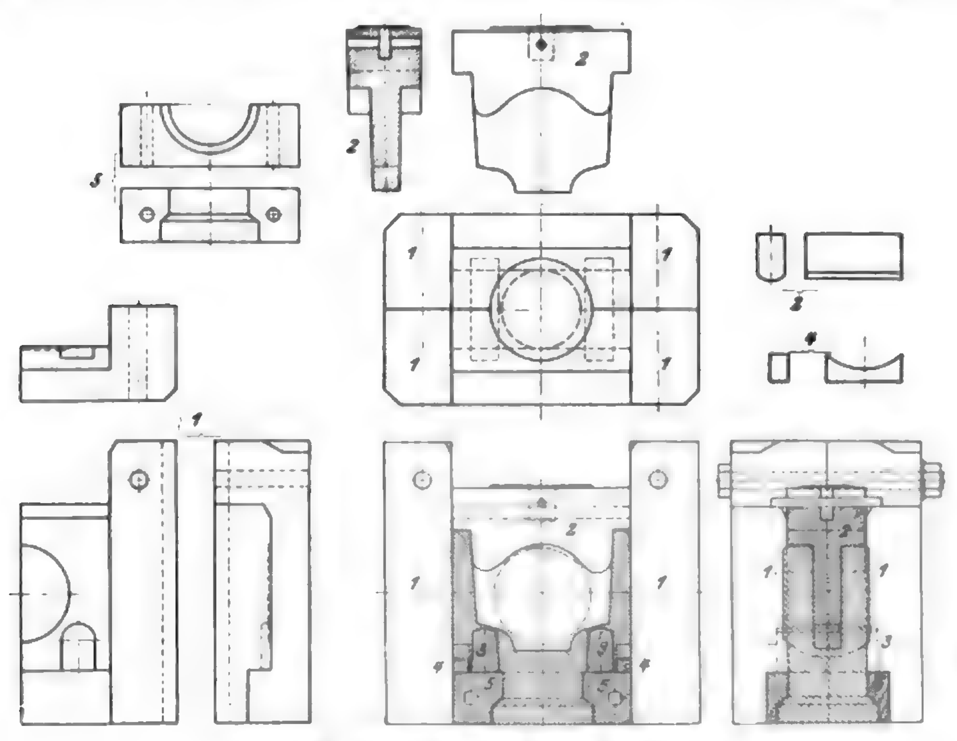


Abb. 65. Gesenke für einen Kreuzkopf.

Die Eigentümlichkeit des Kreuzkopfes, mit ebenen Flächen auf einer ebenen Gleitbahn geführt zu werden, bringt nur eine unwesentliche Änderung des Herstellungsverfahrens gegenüber dem im Dampfmaschinenbau üblichen mit sich, indem hier an Stelle des Drehens Hobelarbeit tritt. Der Baustoff für Kreuzköpfe ist nur bei kleinen Abmessungen Gußeisen, für größere Kreuzköpfe wendet man entweder Flußeisenformguß an, oder man preßt sie. Abb. 65 zeigt die zugehörigen Gesenke. Die eigentlichen Gleitschuhe werden dann als besondere Stücke aufgesetzt.

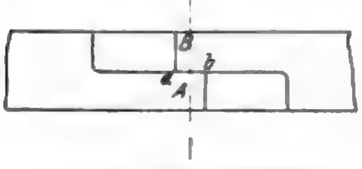


Abb. 66. Aufgeschnittener Kolbenring.

Die Abdichtung des Kolbens erfolgt im Lokomotivbau mit größter Einheitlichkeit durch Kolbenringe, und zwar meist für Naßdampf durch zwei, für Heißdampf durch drei. Sie werden aus einem gußeisernen Zylinder durch Bearbeitung auf einer Spezialmaschine gewonnen. Diese Spezialmaschine ist eine Kopfdrehbank mit liegender Planscheibe, auf der jener Zylinder gleichzeitig innen und außen abgedreht und durch Abstechen in Ringe zerlegt wird. Diese Ringe werden nach Abb. 66 von den Stirnflächen her eingefräst. Ein Meißelschlag in Richtung *a b* geführt, teilt den Ring an dieser Stelle, so daß er sich federnd zusammenbiegen läßt,

Digitized by Google

wobei er seine Kreisform einbüßt. Der Ring wird, in dieser Weise zusammengebogen, auf die Planscheibe gespannt und innen und außen auf genaue Kreisform abgedreht. Ebenso werden die Flanken, um ein leichtes Spiel in den Kolbennuten zu erzielen, nochmals abgedreht, sie mußten bisher also Übermaß haben. Nicht empfehlenswert ist es, wie man hin und wieder wohl beobachten kann, den Ring, bevor er im zusammengefederten Zustand auf genaue Kreisform innen und außen abgedreht wird, durch leichte Hammerschläge der Kreisform möglichst zu nähern. Dem geringen Vorteil, daß hierdurch Dreharbeit gespart wird und ein schwächerer Span genommen zu werden braucht, steht der gewichtige Nachteil gegenüber, daß durch dieses Richten des Ringes eine Änderung der Spannungsverteilung in seinem Innern entsteht, die sich der rechnerischen Verfolgung gänzlich entzieht. Diese Änderung des Spannungszustandes dürfte aber zur Folge haben, daß sich der fertige Ring nicht mit gleichmäßigem Druck auf seinem ganzen Umfang anlegt.

Es ist hier der Platz, auf die bemerkenswerten Ergebnisse hinzuweisen, die Reinhardt auf Grund einer eingehenden theoretischen Untersuchung für das Herstellungsverfahren der Kolbenringe erhält.[1]) Diese Untersuchung geht davon aus, daß der Ring auf seinem ganzen Umfang mit gleichmäßiger Pressung anliegen soll. Die Reinhardtschen Ergebnisse sind kurz folgende: Aus dem Rohguß des Kolbenringmantels wird auf einer Kopierdrehbank oder besser auf einer Kopierfräsmaschine — nämlich, weil diese wegen des langsameren Vorschubes genauer kopiert — außen und innen der Umriß des ungespannten Ringes hergestellt. Es entsteht also statt des Kreiszylinders ein solcher von schwach länglichem Querschnitt, der dann in Ringe zerteilt wird. Der einzelne Ring wird dann an einer bestimmten Stelle aufgeschnitten. Vielfach wird man sich ohne eine solche Maschine behelfen müssen. Reinhardt weist nun weiter darauf hin, daß dann, wenn also nach dem alten Verfahren gearbeitet wird, die Aufspannung des einzelnen Ringes auf die Planscheibe zur Herstellung der genauen Kreisform so erfolgen muß, daß im Ringe nur Momente auftreten, die den im Betriebe infolge des federnden Anliegens an der Zylinderwandung auftretenden gleichwertig sind. Im besonderen sei Einspannen durch irgend welche in radialer Richtung wirkende Einzelkräfte zu vermeiden. Die geforderte Bedingung sei erfüllt, wenn man den Ring so weit zusammenbiege, daß sich die beiden Lappen A und B (Abb. 66) ebensoweit wie nachher im Betriebe überdecken, dann durch beide Lappen ein Loch bohre und in dieses einen Stift stecke. Dieser Stift müsse leicht drehbar sein, um das Auftreten von störenden Reibungskräften an seinem Umfang zu verhüten. Es ist freilich anzunehmen, daß man Bedenken tragen wird, in die schon schwachen Lappen Löcher zu bohren, wenn die Biegungsbeanspruchung an dieser Stelle auch fast Null ist.[2])

Die Pleuel- und Kuppelstangen haben bei Lokomotiven infolge der großen in lotrechter Ebene wirkenden Beschleunigungskräfte stets rechteckigen Schaftquerschnitt. In Anlehnung an das Arbeitsverfahren bei ortsfesten Dampfmaschinen, deren Schäfte runden Querschnitt auf-

---

[1]) vgl. Reinhardt, „Selbstspannende Kolbenringe" Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 232.

[2]) Einiges Weitere über die Herstellung von Kolbenringen siehe Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 685.

weisen und darum abgedreht werden, bildete man bis vor nicht allzu langer Zeit die Schmalseiten des Stangenquerschnittes als Kreisbögen aus, behielt in dieser Hinsicht also die Dreharbeit bei. Heute ist man fast durchweg zu genauer Rechteckform übergegangen. Die Bearbeitung erfolgt deshalb durchweg durch Fräsen, sowohl an den Seiten des Schaftes und des Stangenkopfes, wie auch an den schmalen Kanten des Schaftes; der Umriß der Köpfe wird gestoßen. Die Lagerfenster sind verschieden zu behandeln, je nachdem, ob sie geschlossen sind (Abb. 67) oder offen (Abb. 68). Diese Fenster werden ausgestoßen, ausgesägt oder ausgefräst. Das erstgenannte Verfahren ist heute noch das überwiegend geübte. Ausbohren, indem am Umriß des Fensters Loch neben Loch gebohrt wird, wie dies beim Bau ortsfester Dampfmaschinen üblich ist, kommt kaum vor, da die Stangen stets so schmal sind, daß die angegebenen Bearbeitungsarten bequem anwendbar sind, ja sogar wohl zwei Stangen zum gleichzeitigen Ausstoßen des Fensters übereinander gelegt werden können. Es werden zunächst zwei Löcher gebohrt, deren Anordnung für offene und geschlossene Fenster die Abbildungen zeigen. Sie ermöglichen beim letzteren das erste Ansetzen des Stößels, beim ersteren das Ansetzen in der Richtung quer zur Stangenachse, nachdem vorher in Richtung *ab* und *cd* parallel zu ihr durchgestoßen wurde. (Vgl. die Besprechung des Ausstoßens von Rahmenaussparungen auf S. 180). Die Bohrlöcher berühren den Fensterumriß nicht, damit, nachdem das Material zunächst roh ausgestoßen ist, nachträglich noch ein Schruppspan und endlich noch ein Schlichtspan, besonders zur genauen Bearbeitung der Eckrundungen, genommen werden kann.

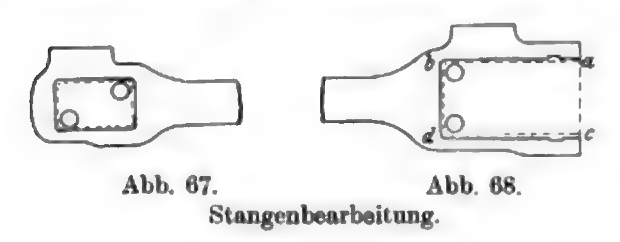


Abb. 67. Abb. 68.
Stangenbearbeitung.

Vom Aussägen unter Benutzung einer Bandsäge kann man nur bei offenen Fenstern Gebrauch machen. Es werden wieder zwei Löcher nach Abb. 68 vorgebohrt. Die Bandsäge muß vom Umriß genügend fern bleiben, um nachträglich noch einen Schrupp- und Schlichtspan nehmen zu können. In Richtung *bd* muß gestoßen werden. Der Vorzug dieses nicht eben häufigen Verfahrens besteht darin, daß nur geringer Materialabfall durch den feinen Sägeschnitt entsteht und das herausfallende Stück infolgedessen für manche Zwecke, zum Beispiel zur Herstellung von Kulissensteinen verwendbar bleibt.

Das neuste für offene und geschlossene Köpfe anwendbare Verfahren ist das Ausfräsen der Fenster. Statt der zwei Bohrlöcher genügt deren ein kleineres von nur etwa 22 mm Durchmesser. Ein erstmaliges Herumführen des Fräsers bewirkt die Entfernung eines entsprechenden Stückes. Zum Schlichten wird der Fräser dann ein zweites Mal herumgeführt. Es wird also das Bohren eines Loches und ein Span gespart.

Von abweichenden Verfahren der Stangenbearbeitung sei zum Schluß nur erwähnt, daß die Seiten der Stangenschäfte natürlich auch gehobelt werden können; entsprechend erfolgt die Bearbeitung der Kopfseitenflächen zuweilen auf der Feilmaschine.

Liegen die Seitenflächen des Stangenkopfes und Schaftes in einer Ebene, so können sie in einem Zuge gefräst oder gehobelt werden.

Digitized by Google

Hierin liegt eine nicht unwesentliche Vereinfachung der Arbeit, auf die man gleichwohl für nur einigermaßen große Lokomotiven verzichtet, weil die Vorzüge möglichst leichter Stangen höher veranschlagt werden müssen.

Die Stangenlager werden in Deutschland in der Mehrzahl der Fälle durch Rotgußschalen, seltener — und dann meist nur bei Kuppelstangen — durch ungeteilte Rotgußbüchsen gebildet. Die beiden ein Lager bildenden Rotgußschalen werden zur gemeinschaftlichen Bearbeitung der Flächen, mit denen sie im Lagerfenster und an den Seitenflächen des Stangenkopfes anliegen, miteinander verlötet. Sie erhalten fast immer ein Weißmetallfutter. Um dieses einzubringen, werden die Schalen nach der erwähnten Bearbeitung wieder voneinander getrennt. Um sicheren Sitz des Weißmetallausgusses in der hierfür schon im Gußstück vorgesehenen und auf der Feilmaschine bearbeiteten Aussparung zu erreichen, sind folgende Herstellungsregeln zu beachten: Die Schalen werden auf etwa 10 Minuten in ein Bad von verdünnter Salz- und Salpetersäure gelegt. Darauf werden sie ungefähr auf den Schmelzpunkt des Zinnes erwärmt und an den Flächen, an denen der Weißguß haften soll, nach Befeuchtung durch Lötwasser mit einer dünnen Zinnschicht überzogen. Die Schale wird — erforderlichenfalls nachgewärmt — auf eine Platte gestellt und in die Lagerbohrung ein Bolzen hineingestellt, der also die gleiche Stellung zu ihr einnimmt, wie später der Trieb- oder Kuppelzapfen und die Aussparung für den Einguß nach innen zu abschließt. Das Weißmetall wird eingegossen. Die Lagerschalen werden in die Stangen eingebaut und die weitere Bearbeitung, das Ausbohren, die Herstellung der Hohlkehlen und das Glätten der Stirnflächen erfolgt auf der schon früher erwähnten Spezialmaschine, die beide Lager einer Stange gleichzeitig mit genau parallelen Bohrachsen und deren genauer Entfernung fertigstellt. Die Kehlen des Lagers müssen gegen die Hohlkehlen des Zapfens etwa $^1/_2$ mm Luft haben, um Heißlaufen, das gerade von diesen Stellen ausgeht, zu vermeiden.

Erwähnenswert ist, daß man neuerdings — z. B. in der Schweiz — auch Stangenlager aus Stahlformguß, dann natürlich stets mit vollständigem Weißmetallausguß verwendet.

c) Die Achslagerkasten.

Die Achslagerkasten werden aus Flußeisenformguß hergestellt oder gepreßt; für den letzteren Fall zeigt Abb. 69 die zugehörigen Gesenke. Abb. 70 erläutert das Bearbeitungsverfahren. Die Umrißlinie des Stückes ist zum Teil anschraffiert. Dies bedeutet, daß der betreffende Teil des Umrisses auf der Reißplatte vorgezeichnet wurde. Die Umrißlinien sind nach außen fortgesetzt und dort mit Ziffern bezeichnet, die über die Reihenfolge der einzelnen Bearbeitungen Aufschluß geben. Neben jeder Ziffer steht ein Buchstabe, der die Bearbeitungsart anzeigt. Es bedeutet *B* Bohren, *F* Fräsen, *H* Hobeln, *S* Stoßen. Sind gebrochene Linien mit nur einer Zahl bezeichnet, so bedeutet dies, daß der betreffende Umriß mit einem Werkzeug in einem Arbeitsgang hergestellt wurde. Es trifft das z. B. für den Umriß 12 zu, der mit einem Fassonfräser hergestellt wird. Es sind diejenigen Maße eingetragen, die bei der Bearbeitung — nämlich dort, wo diese ohne vorheriges Vorzeichnen erfolgt — zu beachten sind. Es bedeutet also z. B. Maß a_2, daß nach Behobelung von Fläche 1 auf der gegenüberliegenden Fläche 2 so viel fortzuhobeln ist, daß die Höhe a_2

erhalten wird, und in ähnlicher Weise, daß von Fläche 4 so viel herunterzuhobeln ist, daß sich die vorgeschriebene Tiefe b_4 des Öltroges ergibt; 11 wird unter Beachtung der Wangenstärke c_{11}, 12 unter Beachtung der Gesamtbreite d_{12} gefräst. Endlich gibt der eingetragene Winkel $90_2{}^{\circ}$ darüber Aufschluß, nach welcher Rücksicht aufzuspannen ist. Wenn also die Flanken 3 gehobelt werden, ist der rechtwinklige Verlauf der Flächen 1 und 3 zueinander zu beachten usw. Das gleiche gilt für das Winkelmaß $90_5{}^{\circ}$. Die zu den Maßen gesetzten Zeiger 2, 4 usw. deuten also an, bei welcher Bearbeitung das betreffende Maß zu beachten ist.

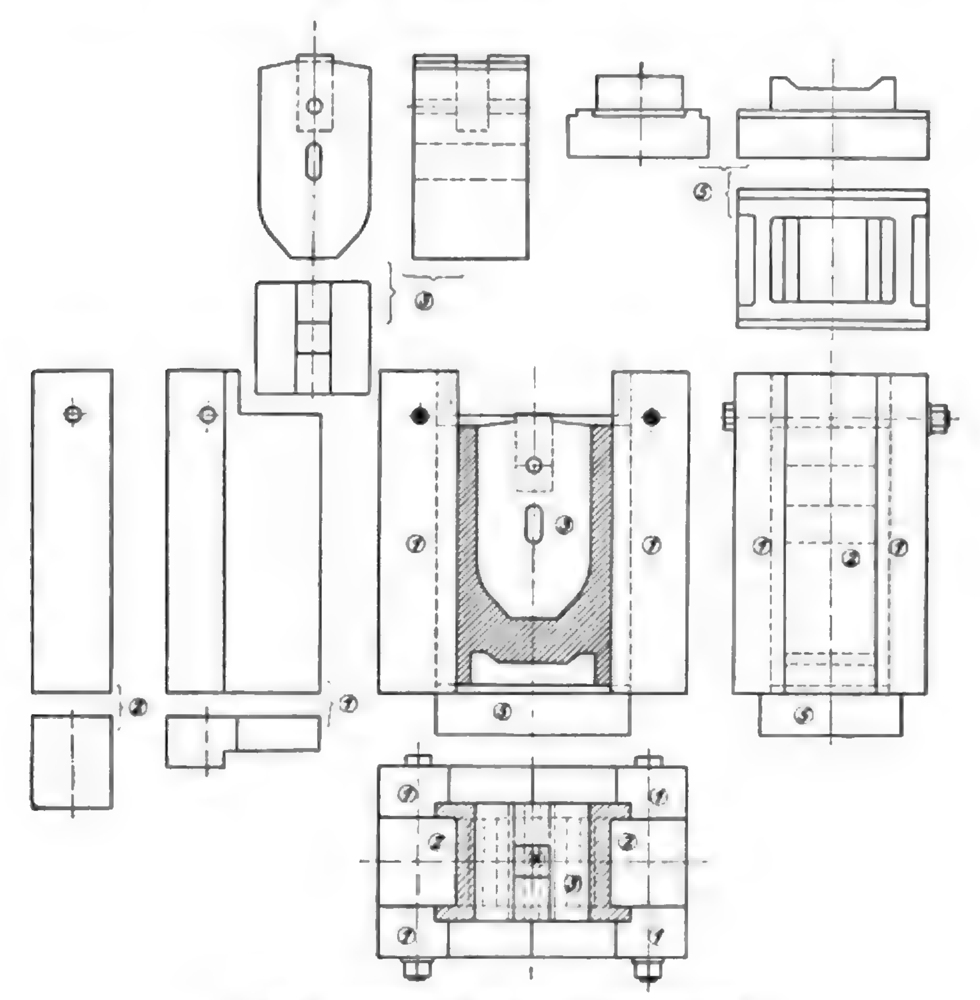


Abb. 69. Gesenke für einen Achslagerkasten.

Die Zeichnung erläutert hiernach die Bearbeitung ziemlich vollständig,[1]) und es bleibt nur das folgende zu bemerken: Beim Hobeln der Flächen 1 und 2 können, da die Stücke noch ziemlich ungleichmäßig gestaltet sind, nur etwa 4 Stück zur gleichzeitigen Bearbeitung hintereinander gestellt werden. Man bildet zu dem Zweck Gruppen, deren Stücke in ihrer noch

[1]) Unter Benutzung der eben erläuterten Darstellungsweise läßt sich der Bearbeitungsgang beliebiger Stücke in gedrängtester Form lediglich durch die Zeichnung beschreiben oder vorschreiben. Sie dürfte vielleicht nicht nur für Lehrbücher, sondern auch für die Werkstatt von Nutzen sein und läßt sich unschwer auf die noch folgenden Anweisungen über die Anzahl der gleichzeitig zu bearbeitenden Stücke ausdehnen.

Digitized by Google

unbearbeiteten Form möglichst gleichmäßige Abmessungen zeigen. Beim Hobeln der kleinen Flächen 3 können acht Stück hintereinander gestellt werden. Es können sechzehn Stück hintereinander gestellt werden beim Fräsen von 5 bis 9, denn diese Flächen fallen, weil sie mit dem Preß-

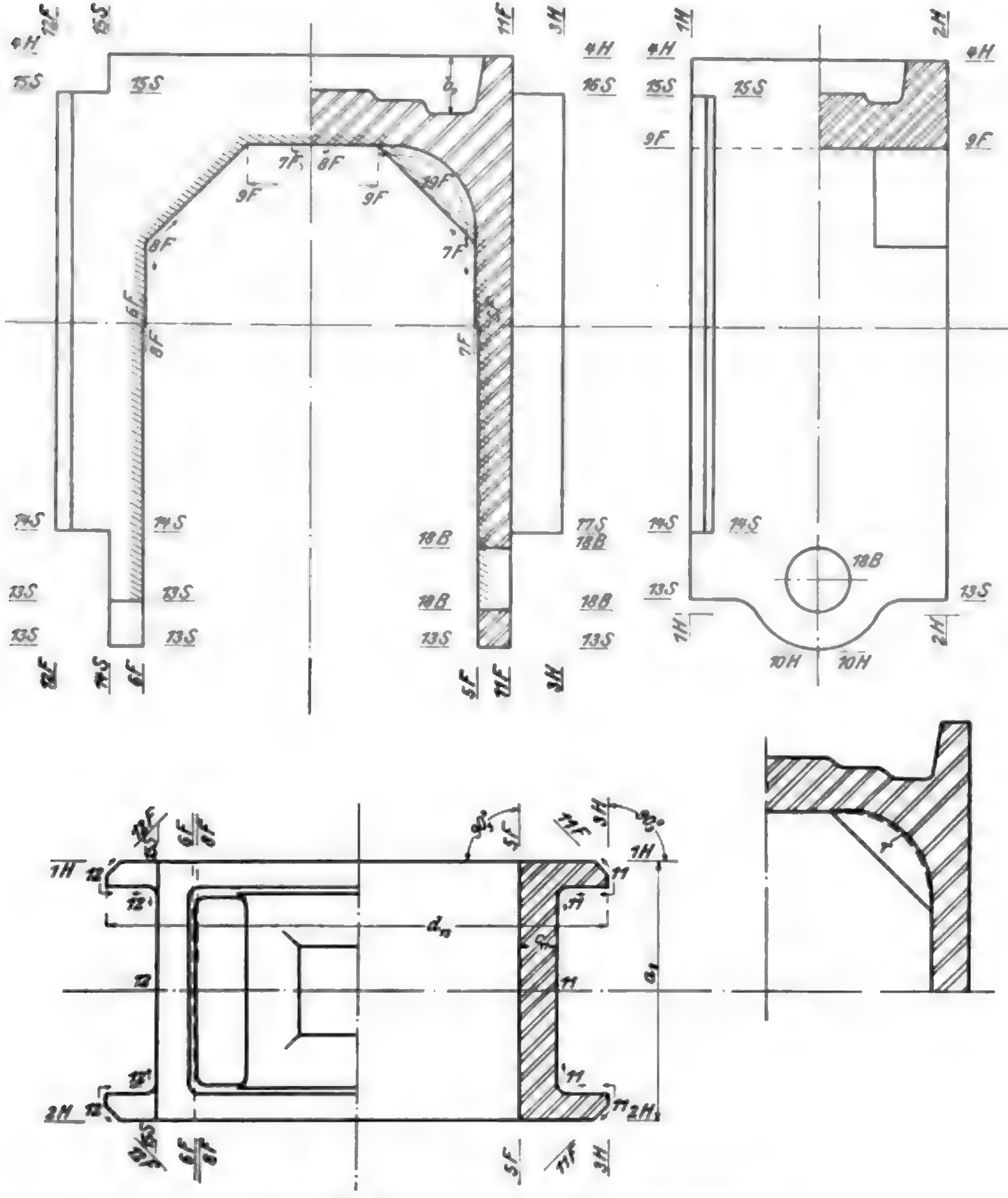


Abb. 70. Bearbeitung eines Achslagerkastens.

stempel in unmittelbare Berührung kommen, ebenso wie auch der Öltrog schon am rohen Stück sehr sauber aus. Die zugehörige Umrißlinie wird so vorgezeichnet, daß Maß c_{11} noch überschritten wird, um Material für die spätere Bearbeitung der Gleitflächen zu behalten. Das Vorzeichnen ist

ermöglicht durch vorhergegangene Bearbeitung der Fläche 1 bzw. 2. Wie die Bearbeitung 5 bis 9 erfolgt, zeigt Abb. 71. Nach 10 wird gehobelt, um die Höhe des Stückes mit Rücksicht auf das spätere Fräsen nach 11 etwas zu verringern, denn beim Fräsen des Umrisses 11 werden eine größere Anzahl von Stücken hintereinander gelegt und das Übermaß in der Höhe würde eine Vermehrung der Fräsarbeit herbeiführen.

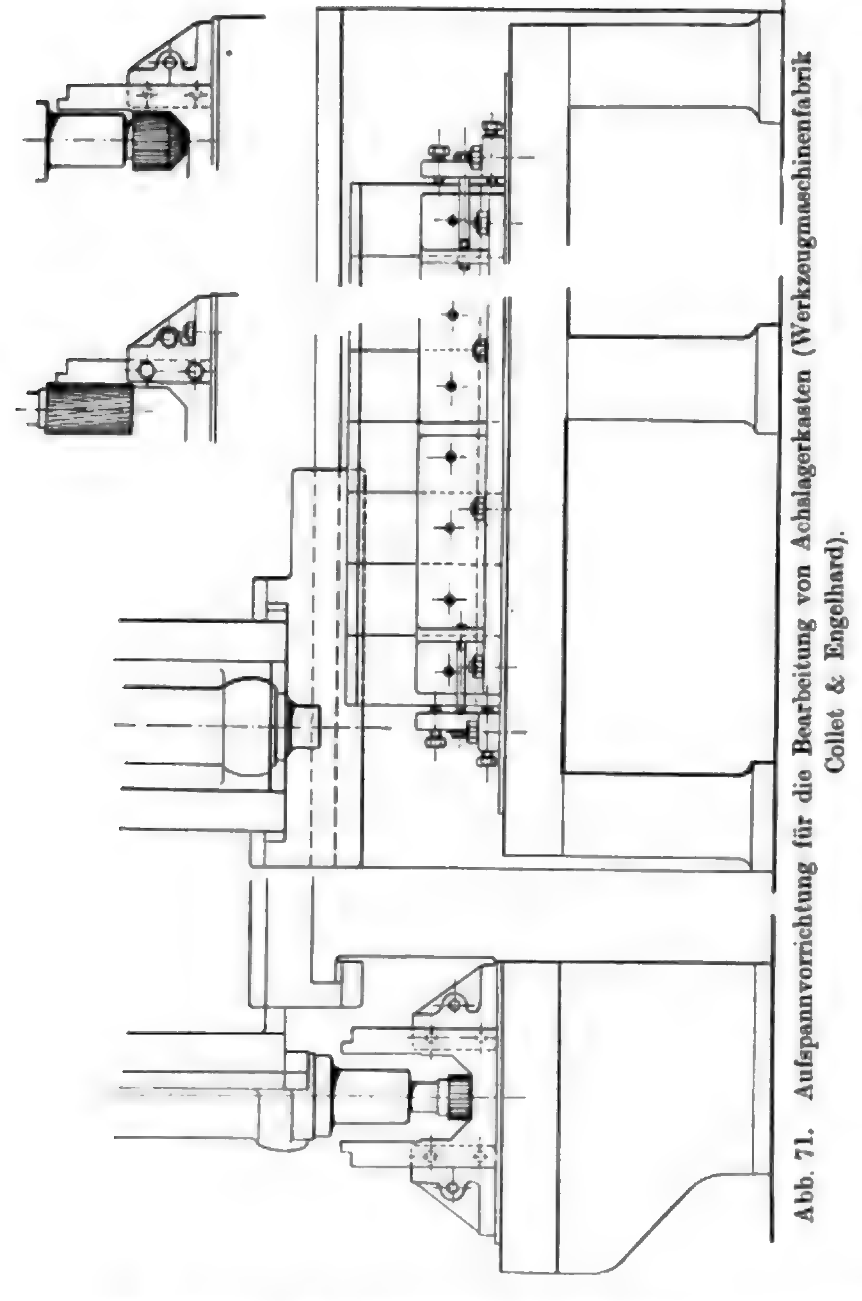


Abb. 71. Aufspannvorrichtung für die Bearbeitung von Achslagerkasten (Werkzeugmaschinenfabrik Collet & Engelhard).

Nach Fertigstellung der durch Abb. 70 dargestellten Arbeiten werden die Metallbacken *R* (Abb. 60) eingepaßt und durch Backen und Kasten hindurch die Löcher für die Befestigungsschrauben gebohrt. Die Backen werden wieder entfernt und die Löcher in der Kastenwand mit Gewinde versehen, um darauf die Metallbacken anzuschrauben. Die Lagerschalen werden eingeschabt. Die Rundungen der Schale dürfen in den zugehörigen Rundungen *r* des Kastens (Nebenabbildung zu Abb. 70) nicht anliegen. Der Weißguß wird eingegossen und dicht gehämmert. Die Gleitflächen der an den Kasten geschraubten Backen werden gehobelt. Das Lager wird, indem die Bohrspindel auf die Mittellinie zwischen den Gleitflächen eingestellt wird (vgl. S. 201), gebohrt, die Stirnflächen und Rundungen an den Stirnflächen bearbeitet. Endlich werden Ölzuführung und Schmiernuten gebohrt und darauf der Achslagerkasten nebst Schale zum Aufreiben auf den Schenkel dem Zusammenbau zugeführt.

Abb. 72 zeigt die Gesenkteile zum Pressen des Gehänges 45 (Abb. 2a).

Digitized by Google

Von einer Besprechung der Bearbeitung dieses einfachen Teiles darf Abstand genommen werden.

d) Die Achssätze.

Die Herstellung der Räder, Radreifen und Achswellen erfolgt fast ausnahmslos nicht in den Lokomotivbauanstalten. Deshalb, und weil die Literatur betreffs Anfertigung von Rädern und Reifen ziemlich reichhaltig ist[1]), kann die Besprechung dieser Teile etwas kürzer gehalten werden.

Die Räder werden heute in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle aus Stahlformguß hergestellt, nicht mehr aus einzelnen Teilen zusammengeschweißt. Die Formgebung kann bei Herstellung durch Guß dem Zweck bei geringstem Gewicht in bester Weise angepaßt, also der Gegengewichtsschwerpunkt möglichst nach außen, der Unterreif mit großer Auflagerfläche für den Reifen bei sonst mäßigen Abmessungen versehen werden usw. Die Eingußstelle liegt für Laufräder an der Nabe, für Triebachsen am Gegengewicht.

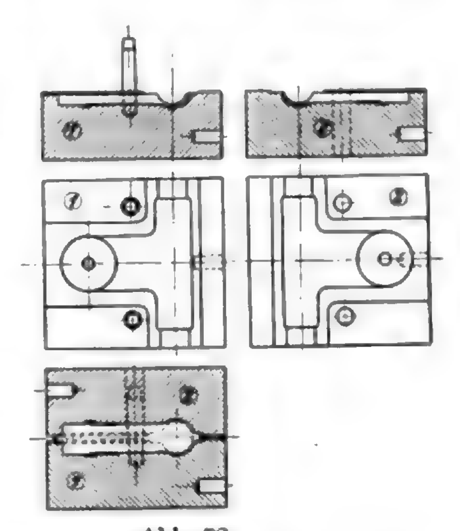


Abb. 72.
Gesenkteile für ein Federgehänge.

Die Radreifen werden aus einem flußeisernen Block hergestellt. Dieser wird gewogen, um die Länge des abzuschneidenden Bunkerkopfes festzustellen. Der Block wird flach gehämmert und nochmals gewogen. Je nach dem Ergebnis wird er mit einem größeren oder kleineren Dorn gelocht, indem dieser zuerst von der einen, dann von der anderen Seite eingedrückt wird. Durch Hämmern im Gesenk enthält der so entstandene Reifen seine ungefähre Querschnittform, die dann auf einem Walzwerk mit vier Kalibern und senkrecht stehenden Walzen genau herausgearbeitet wird. Genaue Kreisform erhält der Reifen, indem er von innen her in radialer Richtung dem Druck von drei kreisausschnittförmigen Körpern, die ungefähr die Höhe des Reifens haben, ausgesetzt wird. Diese drei Körper bilden also zusammen einen flachen Kreiszylinder von Reifenhöhe. Dort, wo sie im Mittelpunkt zusammenstoßen, bilden sie eine kegelförmige Öffnung, um sie mittels eines hier hydraulisch eingepreßten Dornes auseinanderdrücken und so den Reifen ausrichten zu können. Damit die Fugen zwischen den drei Stücken nicht beim Auseinanderdrücken klaffen und so die Berührung mit dem Reifen stellenweise unterbrochen wird, sind diese Fugen schräg gestellt, d. h. die radialen Begrenzungsflächen der einzelnen Stücke verlaufen schräg zu den Grundflächen.

Die Herstellung der Achswellen bietet Außergewöhnliches nur, wenn Innenkurbeln angeordnet sind. Die Wellen werden in diesem Fall fast ausnahmslos aus einem Stück geschmiedet.[2]) Auf der englischen Nord-

---

[1]) siehe z. B. Eyermann, „Über die Herstellung von Eisenbahnrädern", Stahl und Eisen 1907, Heft 24 und 25.

[2]) vgl. F. Schraml, „Die Herstellung gekröpfter Wellen", Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1071, und v. Stockert, Bau und Einrichtung der Lokomotive, S. 21, Wien 1907, Carl Graeser.

westbahn sind durch **Webb gekröpfte Achsen** eingeführt, die aus neun einzelnen Teilen bestehen (Abb. 73), nämlich aus zwei Endteilen, enthaltend den Schenkel und Lagersitz, vier Kurbelarmen, zwei Zapfen und einem Mittelteil, der zwischen den Kurbeln liegt und den Exzentersitz abgibt. Die Einzelteile sind durch Schrumpfung miteinander verbunden. Die Bohrung für den Zapfen im Kurbelarm z. B. ist um $1 \cdot 7^0/_{00}$ zu eng gehalten. Der Kurbelarm wird erwärmt; jedoch bleibt die Temperatur unter Rotglut. Das Eigengewicht des Zapfens genügt alsdann, um ihn an Ort und Stelle zu bringen. Die Verbindungen werden nachträglich durch Einziehen von Keilen gesichert und in der Fuge bei *b* verbohrt und verschraubt. Das Verfahren bietet den Vorteil, für die verschiedenen Teile verschiedenen Baustoff anwenden zu können. Die Wahrscheinlichkeit ungesunder Stellen ist wegen der Kleinheit der Einzelteile geringer, und solche schlechte Stellen verraten sich leichter. Der mittlere Teil kann zu diesem Zweck und zur Gewichtsverminderung durchbohrt werden, was bei Anfertigung aus einem Stück nicht möglich wäre[1]).

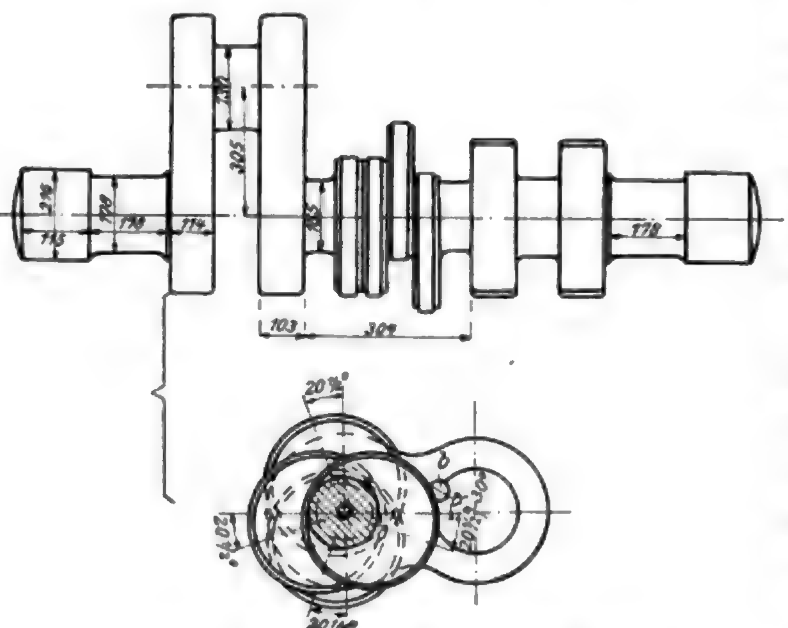


Abb. 73. Webbsche gekröpfte Achse.

Die Lokomotivfabriken beziehen entweder die fertigen Achssätze oder die Einzelteile, also Radscheiben, Wellen und Reifen im unbearbeiteten Zustand. Letzteres soll hier angenommen werden, so daß also die Bearbeitung der Einzelteile und die Zusammensetzung genauer zu besprechen ist. Es handle sich um eine Kuppelachse der Abb. 2c.

Die Welle wird zunächst auf Länge abgestochen und zentriert. Aus dem im vorigen Abschnitt Mitgeteilten geht hervor, daß Vorbedingung für einen zwanglosen Lauf ist, daß der rechte und der linke Lagersitz die richtige Entfernung voneinander haben, denn nach diesem Stichmaß werden sowohl die Achslagerführungen angebaut (vgl. S. 193) wie auch die Führungen der Lagerkästen nachgeprüft (vgl. S. 200). Also muß vor allem Maß *m*, die Entfernung der Hohlkehlen voneinander, vom Dreher innegehalten werden (Abb. 2c). An dieses Maß setzt sich dann die Schenkellänge *l* an. Werden diese Maße in die Zeichnung eingetragen und nach ihnen die Bearbeitung vorgenommen, so werden Ungenauigkeiten in der

---

[1]) Beschreibung und Zeichnung entnommen aus Demoulin, Traité pratique de la machine locomotive, Bd. III, S. 476. Paris 1898.

Digitized by Google

Wellenlänge unschädlich gemacht, indem schlimmstenfalls die Stirnfläche der Achswelle um den Bruchteil eines Millimeters aus der Nabe hervorragen würde, ein Schaden, der nachträglich leicht beseitigt werden kann. Falsch wäre es also, das Maß von Stirnfläche der Achse bis zur Hohlkehle einzutragen. Dementsprechend werden zunächst die Bunde *b* auf den vorgeschriebenen Durchmesser abgedreht, um so Maß *m* deutlich abtragen zu können. Maß *m* wird so abgetragen, daß es in der Mitte der Welle liegt, damit etwaige Ungenauigkeiten in der Länge der Achswelle sich gleichmäßig nach rechts und links verteilen. Der Wellenschaft einschließlich der Ausrundungen am Bund wird abgedreht, letztere nach Schablone unter Beachtung der eben nach Maß *m* angerissenen Marke. Darauf wird der Nabensitz schwach kegelförmig abgedreht, und zwar mit einem Kegel von $^4/_{10}$ mm für flußeiserne, mit einem solchen von $^2/_{10}$ mm für die weniger Anzug vertragenden gußeisernen Naben. Auf den so geschaffenen glatten Flächen können nun die Maße *l* angerissen und hiernach die Schenkel — Hohlkehle nach Lehre — gedreht werden.

Wenn die Welle bei Innensteuerung einen Exzentersitz trägt, so sind diese statt der Bunde zuerst abzudrehen usw.

Die Radscheiben haben inzwischen folgende Bearbeitung erfahren: Der Unterreif ist am Umfang und den Flanken abgedreht, um Anlageflächen für den Reifen zu schaffen. Die Nabe ist gebohrt und an Außen- und Innenfläche auf Maß *n* bearbeitet. Dieses Maß ist aus verschiedenen Gründen von Wichtigkeit. Werden nämlich später die Radsterne bündig mit den Wellenköpfen aufgepreßt, so geben die bearbeiteten Nabeninnenflächen bequeme Anlageflächen für Lehren ab. Bei Innensteuerung erhält dann z. B. ein Exzenter seine richtige Stellung in Längsrichtung der Welle einfach dadurch, daß man es gegen eine solche Lehre schiebt. Diese Einstellung ist weit bequemer als die nach der Mitte des Wellenschaftes. Die Nabenaußenfläche einschließlich der Kurbelaußenfläche muß bearbeitet sein in Rücksicht auf Innehaltung der richtigen Entfernung der beiden Zylindermittellinien. Liegt nämlich jene Nabenaußenfläche bündig mit dem Stirnende der auf genaue Länge abgestochenen Welle und wird dann der für sich nach vorgeschriebenem Maß angefertigte Zapfen in den Radstern ein und mit seinem Bunde gegen die Nabenaußenfläche gepreßt, so ist damit das erwähnte Maß innegehalten. Dieses Maß selbst wird für den Zusammenbau nicht benutzt. Benutzt werden und in die Zeichnung einzutragen sind Zapfenlänge, Nabenstärke, Wellenlänge.

Fehlt, wie in Abb. 2, der Zapfenbund wegen Raummangels, so muß der Zapfen so weit eingepreßt werden, bis die Außenkante seines Nabensitzes in die Außenfläche der Nabe fällt.

Die Innenkanten der Naben werden an der Bohrung etwas gebrochen, um das erste Aufbringen des Radsternes auf die Welle zu erleichtern, desgleichen die kreisförmige Kante am Stirnende der Welle. Meist sichert man heute Nabe und Welle noch durch einen Keil gegen gegenseitige Verdrehung. Dieser Keil bietet gleichzeitig eine gewisse Erleichterung für das Aufpressen des Radsterns, wie sogleich gezeigt werden wird. Die Keilnut ist in der Nabenbohrung des Rades und im Nabensitz der Welle herzustellen, in letzterem am besten mit der Langlochfräsmaschine. Bei der Herstellung dieser Keilnuten ist auf den Kurbelversetzungswinkel von 90° Rücksicht zu nehmen. Da aber die Löcher zur Aufnahme der Zapfen

Digitized by Google

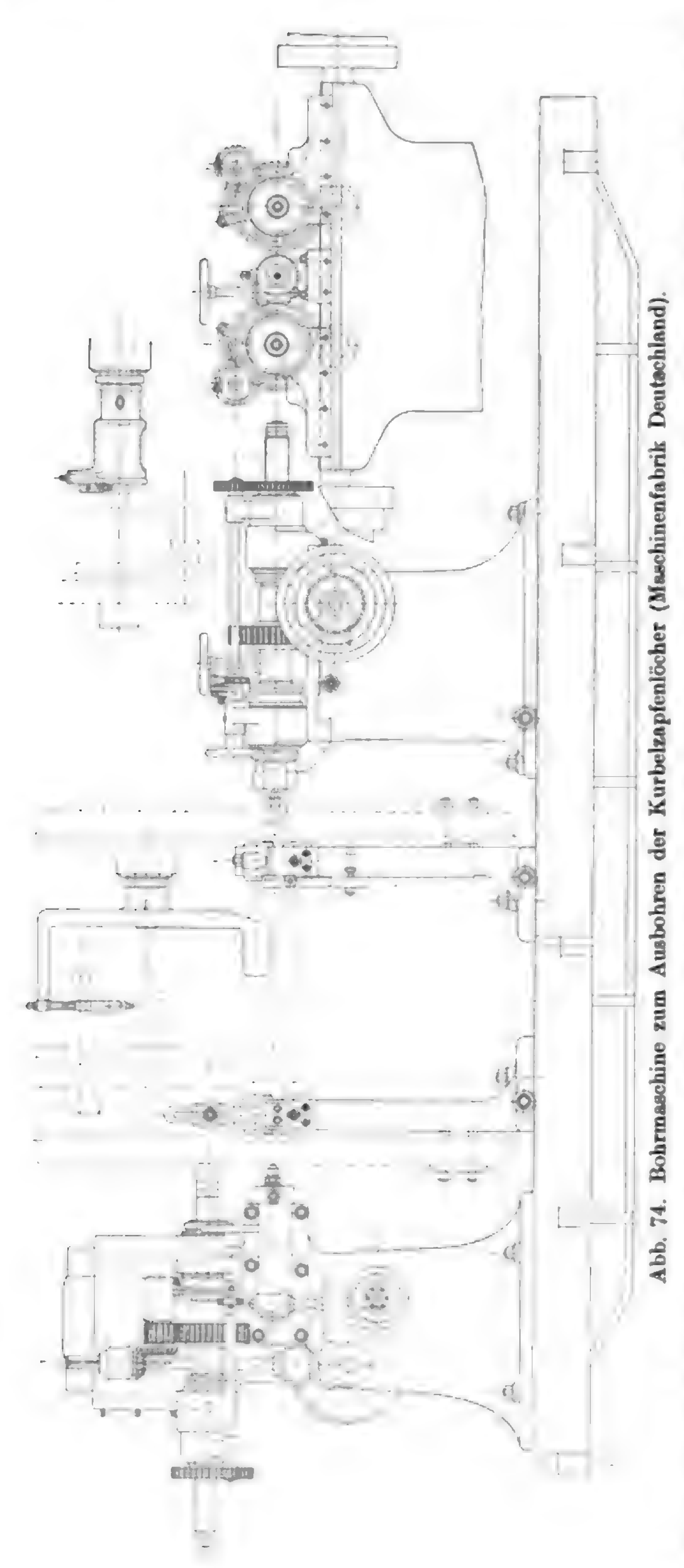


Abb. 74. Bohrmaschine zum Ausbohren der Kurbelzapfenlöcher (Maschinenfabrik Deutschland).

zwar im Gußstück vorhanden, aber noch nicht auf Maß ausgebohrt sind, so genügt vorerst eine annähernde Berücksichtigung der Kurbelversetzungswinkel. Der genaue Wert von 90° wird beim Ausbohren der Zapfenlöcher später erzielt.

Zum Aufpressen werden in die Keilnuten Führungskeile gelegt. Sie haben die genaue Breite der Nuten, um den Radstern unter Innehaltung des Kurbelversetzungswinkels genau zu führen, aber geringere Höhe, um keinen Widerstand beim Aufpressen hervorzurufen und größere Länge, um am überstehenden Ende gefaßt und wieder herausgezogen werden zu können. Das Rad wird so weit aufgepreßt, daß Nabenaußenfläche und Wellenstirnfläche bündig liegen; dies kann in einfachster Weise erreicht werden, indem man zwischen Preßstempel und Nabe eine ebene Platte legt. Der Führungskeil wird entfernt und an seiner Stelle der eigentliche Keil eingebracht, der auf diese Weise weit fester eingepreßt werden kann, als wenn man ihn von vornherein statt des

Digitized by Google

Führungskeiles eingelegt hätte. Es folgt das Ausbohren der Zapfenlöcher für die Trieb- oder Kuppelzapfen. Die Bohrungsachsen müssen parallel der Wellenachse und im genauen gegenseitigen Kurbelversetzungswinkel von 90° liegen. Abb. 74 zeigt eine diesen Forderungen angepaßte doppelte Bohrmaschine der Maschinenfabrik „Deutschland" für Radsätze bis zu 2350 mm Durchmesser. Die Maschine bohrt gleichzeitig die Kurbelzapfenlöcher im linken und rechten Rade. Die rechtwinklige Stellung der Kurbeln wird dadurch erzielt, daß die eine Spindel auf lotrechter, die andere auf wagerechter Führung angeordnet ist. Auf der wagerechten Führung sind zwei Supporte vorgesehen, um die Zapfenlöcher sowohl bei rechts voreilender wie bei rechts nacheilender Kurbel herstellen zu können. Zum Zentrieren dienen 2 Körnerspitzen, zum Festspannen 2 auf dem Bett verschiebbare Lünetten, die auch die Führungen für die Bohrspindeln aufnehmen. Zum Bearbeiten der Exzenterzapfen dient ein besonderer Support, der in der Bohrspindel befestigt wird. Zum Bohren von kegelförmigen Zapfenlöchern werden zwei kegelförmige Bohrapparate in die Bohrspindel eingesetzt.

Die Reifen werden auf senkrecht stehenden Planscheiben an den Innenflächen, mit denen sie sich auf den Unterreif setzen, abgedreht, und zwar mit einem Schrumpfmaß von $^1/_{1000}$ bis $^1/_{1200}$. Nach Erwärmung auf einem Gasfeuer wird der Radsatz in den Reifen niedergelassen, der Sprengring eingebracht, und die Verbindung durch Niederhämmern des Flansches am Unterreif, der über den Sprengring greift, geschlossen. Die genaue Innehaltung eines bestimmten Wärmegrades bei der Reifenerhitzung ist unwesentlich, denn die Schrumpfpressung ist nicht hiervon, sondern von dem bei der kalten Bearbeitung gewählten Schrumpfmaß abhängig. Es genügt, etwa die Entflammbarkeit eines Spanes als Maß zu nehmen. Um Formänderungen zu vermeiden, muß aber die Erwärmung eine durchaus gleichmäßige sein. Die Verteilung vieler kleiner Gasflammen auf den Reifenumfang gibt die Gewähr hierfür.

Die Zapfen werden hydraulisch eingepreßt, worüber bei Besprechung der Nabenbearbeitung schon das Erforderliche mitgeteilt wurde.

Die Reifen werden abgedreht.[1])

---

[1]) S. Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 715.

Die Herstellung der Wagen.

Von

J. Jahn,

Professor an der Kgl. Technischen Hochschule, Danzig.

Die Eisenbahnwagen besitzen entweder ein besonderes Untergestell, das den Wagenkasten trägt, oder der letztere ist selbst durch fachwerkartige Ausgestaltung seiner Seitenwände und andere Hilfsmittel als Träger ausgebildet, so daß die Notwendigkeit eines besonderen Untergestelles, abgesehen von etwa vorgesehenen Drehgestellen, entfällt. Es soll hier die Bauart mit besonderem Untergestell besprochen werden.

1. Die Herstellung des Untergestelles.

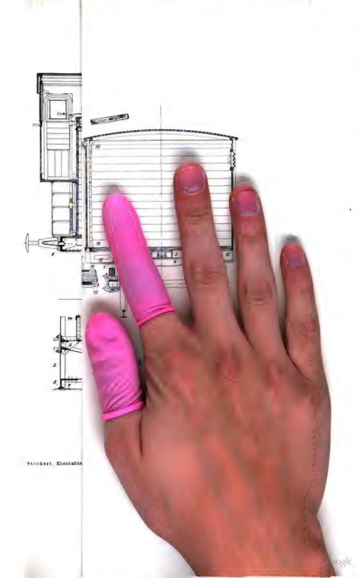
a) Die Bearbeitung der Profileisen.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle findet Eisen als Baustoff Verwendung, und zwar als Profileisen. Die Verwendung gepreßter Stücke ist nur für Drehgestelle allgemein üblich; für Achsgabeln beginnt sie sich als Ersatz der geschweißten Stücke einzubürgern. Hinsichtlich des Baues von Untergestellen, die aus großen gepreßten Einzelteilen zusammengesetzt sind, stehen wir noch im Anfang einer vielversprechenden Entwicklung.

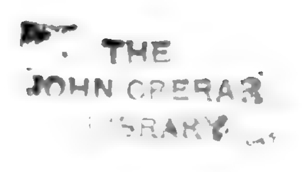
Es sollen aus Profileisen zusammengesetzte Untergestelle vorausgesetzt werden (Abb. 1).

Die verhältnismäßig geringe Bauzeit des einzelnen Wagens besonders des Güterwagens, sowie die große Zahl der gleichzeitig in Arbeit befindlichen Wagen macht es erforderlich, eine ziemlich große Menge von Profileisen vorrätig zu halten. Dies rechtfertigt einige Worte über dessen zweckmäßigste Lagerung. Die erforderlichen Profil- und Flacheisen werden meist im Freien gelagert. Um dem schädlichen Einfluß der Niederschläge möglichst entgegenzuarbeiten, soll das Eisen den Erdboden nirgends berühren. Man stapelt das Material zweckmäßig auf Schienen, die ihrerseits auf Betonklötzen von $80 \times 80 \times 80$ cm befestigt sind. Die Oberkante der Betonklötze liege etwa 30 cm über der Erdoberfläche. [- und I-Eisen sollen mit aufrechtstehendem Steg gestapelt werden, damit sich kein Regenwasser in dem durch Steg und Flansche gebildeten Raum ansammeln kann. Aus gleichem Grund stapele man die Winkel so, daß ein Schenkel lotrecht steht, nicht so, daß die Schenkel einen Winkel von 45° gegen die Wagerechte bilden. Um das Abfließen des Wassers weiter zu begünstigen, ordne man die Betonklötze mit den Schienen so an, daß die Profileisen etwas geneigt liegen.

Digitized by Google



Stockert, Eisenbahn



Digitized by Google

Die Profileisen für das Untergestell werden mit 10 mm Zuschlag in der Länge bestellt, so daß die Träger also bei den üblichen Lieferungsbedingungen hinsichtlich Über- und Untermaß, wenn sie das größte zulässige Untermaß aufweisen, genau der Zeichnung entsprechen. Zuerst werden die Stege der [-Eisen nach einer Schablone vorgezeichnet. Abb. 2a zeigt unter *a* Ende und Mitte einer solchen Schablone für einen Längsträger 1 (Abb. 1); jedoch ist im Gegensatz zur Abb. 1 angenommen, daß,

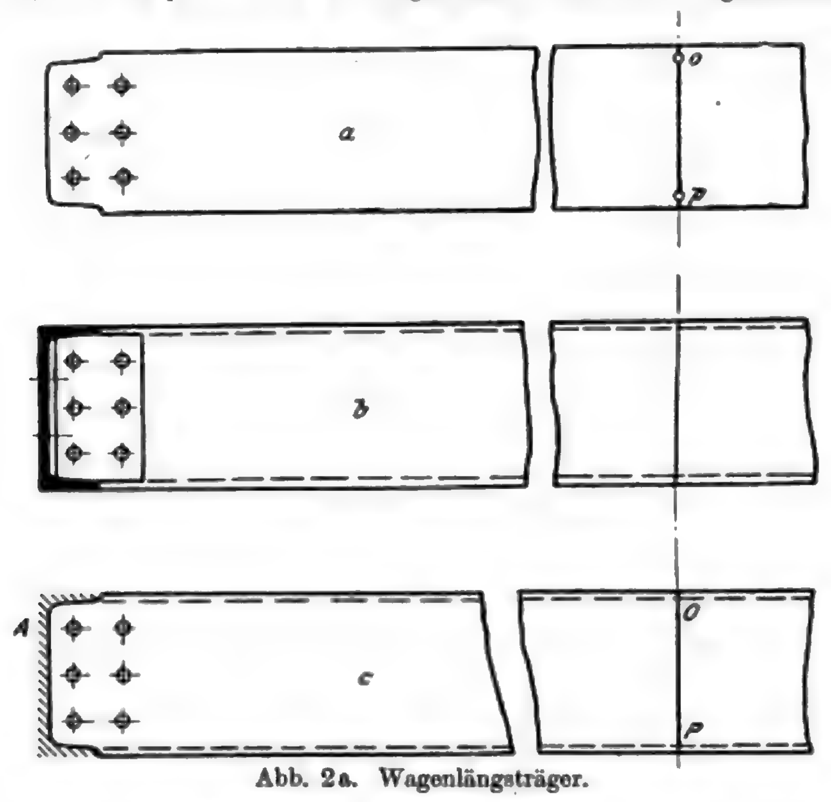


Abb. 2a. Wagenlängsträger.

wie dies häufig der Fall ist und in der Abb. 2a unter *b* dargestellt ist, Längs- und Kopfträger gleiche Höhe haben; dann muß ersterer in der unter *c* angedeuteten Weise ausgeklinkt werden, um Platz für die Flansche des letzteren zu schaffen. Die Schablone zeigt die entsprechende Form. Sie wird mit dem einen Profilende bündig gelegt, um das Eisen mit einem Sägeschnitt auf richtige Länge schneiden zu können und zum Vorzeichnen durch Schraubzwingen festgeklammert. *op* ist die Mittellinie dieser Schablone. Diese wird auf den Steg des [-Eisens als Mittellinie *OP* (siehe Abb. 2 unter c) übertragen. Das Vorkörnen der Löcher geschieht mit einem Stiftkörner. In gleicher Weise werden die Flansche nach einer Schablone (Abb. 2b) vorgezeichnet. Auf dieser ist ebenfalls die Mitte vorgerissen, und sie wird mit dieser Mittellinie nach der vorher auf dem Steg angekörnten Mittellinie eingestellt. Die Längskante der Schablone wird bündig gelegt mit der scharfen Kante des [-Eisens bei *a*, nicht mit der weniger scharfen Kante *b*.

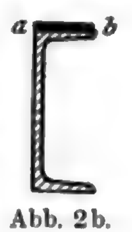


Abb. 2b.

Außer den Nietlöchern werden mit dieser Schablone für spätere Messungen (vgl. S. 229) die Marken *M* auf dem unteren Flansch der Längsträger angekörnt, Abb. 1a; diese Marken *M* geben die Lage der Räderachsen an.

Die vorgezeichneten Profile werden unter der Handspindelpresse gerichtet. Nur wenn grobe Verbiegungen vorhanden sind, ist dies Richten vor dem Vorzeichen vorzunehmen. Sonst wird davon abgesehen, um in bequemer Weise schon im Trägerlager vorzeichnen zu können.

Das eine Ende des Trägers wird mit der Kaltsäge auf Maß abgeschnitten, die Nietlöcher werden gebohrt und die Teile *A* (Abb. 2) ausgeklinkt. Abb. 3 zeigt eine für diesen Zweck bestimmte Ausklinkschere der Firma Schulze & Naumann in Cöthen.

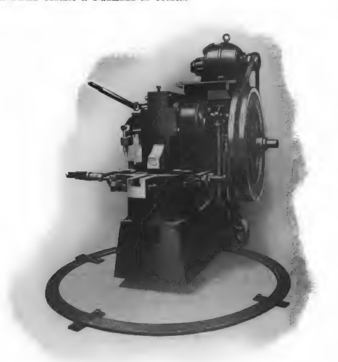


Abb. 3. Ausklinkschere (Maschinenfabrik Schulze & Naumann in Cöthen).

Die Bearbeitung der Kopfträger 2 und Zugstreben 3 (Abb. 1) ist die gleiche; jedoch fallen die Ausklinkungen fort. Hinzu kommen beim Kopfträger die großen Bohrungen für die Pufferstangen und die Zughakenführung. Sie werden mit dem Bohrmesser hergestellt, nachdem zuvor ein Loch von 25 mm Durchmesser für den Führungszapfen gebohrt ist.

Digitized by Google

Die Schablone zum Vorzeichnen der Querträger 4 (Abb. 1) hat vier Löcher *l*, *m*, *a*, *b* (Abb. 4), mittels deren auf dem noch ungekröpften [-Eisen die Mittellinie *LM* und die Kröpfungspunkte *A* und *B* vorgekörnt werden.

Da die Enden der Querträger, wie Abb. 1b zeigt, dort wo sie an die Längsträger anschließen, schräg abgeschnitten werden müssen, so kann durch Bündiglegen der Schablone mit dem Ende des [-Eisens kein Sägeschnitt gespart werden. Man legt daher die Schablone beim Vorkörnen nicht bündig mit einem Ende des [-Eisens, sondern so, daß man an beiden Enden ungefähr gleichen Überstand hat. Maßgebend für die Lage der Kröpfungspunkte ist die Entfernung *AB* der Außenkanten der Zugstreben (Abb. 4). Dieses Maß, nicht die Entfernung der Kröpfungspunkte von den Längsträgern, soll daher in den Zeichnungen erscheinen.

Die Querträger werden mittels einer geeigneten Vorrichtung warm gebogen. Jede Kröpfung wird in einer Hitze hergestellt. Nach der Kröpfung wird der Querträger gerichtet, da sich die Flansche beim Biegen etwas zu werfen pflegen. Die Nietlöcher werden mit einer zweiten gekröpften Schablone, die mit ihrer Mittellinie nach der Mittellinie *LM* des Querträgers (Abb. 4) aufgelegt wird, vorgezeichnet. Eine weitere Schablone dient dazu, die Flansche auf Länge und die Bohrlöcher auf ihnen vorzuzeichnen; ihre Mittellinie wird nach der Mittellinie *LM* des Steges eingestellt usw.

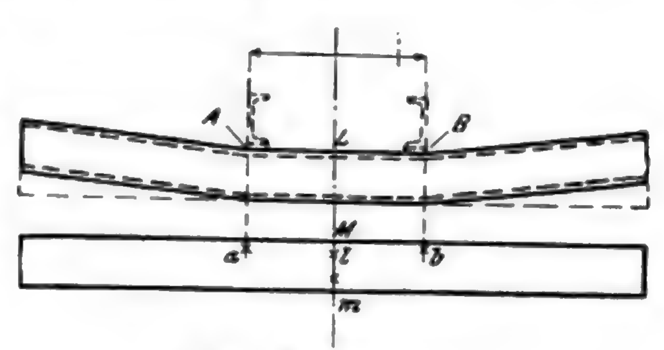


Abb. 4. Wagenquerträger.

Beide Enden werden auf der Kaltsäge abgeschnitten. Dann werden die Nietlöcher gebohrt.

Ähnlich, wie oben beschrieben, werden die Diagonalstreben 5 gekröpft. Zuvor werden die Flanschenenden bei *A* (Abb. 5) durch Pressen auf die vorgeschriebene Länge *a* fortgedrückt. Dann wird Maß *b* mit Schablone bis zum Kröpfungspunkt *C* abgetragen. Diese Schablone muß mit *B* bündig liegen, damit Maß *a* erhalten bleibt; das [-Eisen wird gebogen. Mittels gebogener, mit *B* bündig gelegter Schablone werden die Bohrlöcher und der Endschnitt bei *D* auf der Stegseite vorgekörnt. Ebenso mit einer mit *D* bündig gelegten Schablone Bohrlöcher und Endschnitt auf den Flanschen.

Abb. 5. Diagonalstreben.

Die Kröpfung wird vorgenommen, die Überlängen am Ende werden abgesägt und die Nietlöcher gebohrt.

Die Verbindungsstücke 6 und 7 (Abb. 1) werden im Gesenk gepreßt, mit gebogener Schablone zum Bohren vorgezeichnet und gebohrt.

b) Die Zusammensetzung des Untergestelles.

Die Zusammensetzung des Untergestelles erfolgt, um die Achsgabeln und Federböcke bequemer anbringen und die zugehörigen Messungen besser ausführen zu können, in der Weise, daß die untere Seite oben liegt.

Mit Hilfe der Verbindungsstücke 6, 7 werden zunächst die Zugstreben 3 miteinander verheftet. Zu diesem Zweck werden die Streben auf zwei ungefähr 1 m hohe mit genau wagerechter Auflagerfläche aufgestellte Böcke gelegt, so daß sie in einer für die weiterhin zum Zusammensetzen des Gestelles vorzunehmenden Arbeiten bequemen Höhenlage liegen. An die Zugstreben werden die Diagonalstreben 5 und Querträger 4 und an diese die Längsträger 1 geheftet, und zwar wie Abb. 1 zeigt, unter Verwendung von Knotenblechen. Diese sind zuvor für sich nach Schablone vorgezeichnet und gebohrt.

In Richtung der durch die Marken *M* festgelegten Achsmittellinien (Abb. 1) werden Lineale quer über das Untergestell gelegt und es wird durch aufgelegte Wasserwagen geprüft, ob die Hauptträger in einer Ebene liegen. Etwaige Ungenauigkeiten werden durch Einschieben von flachen

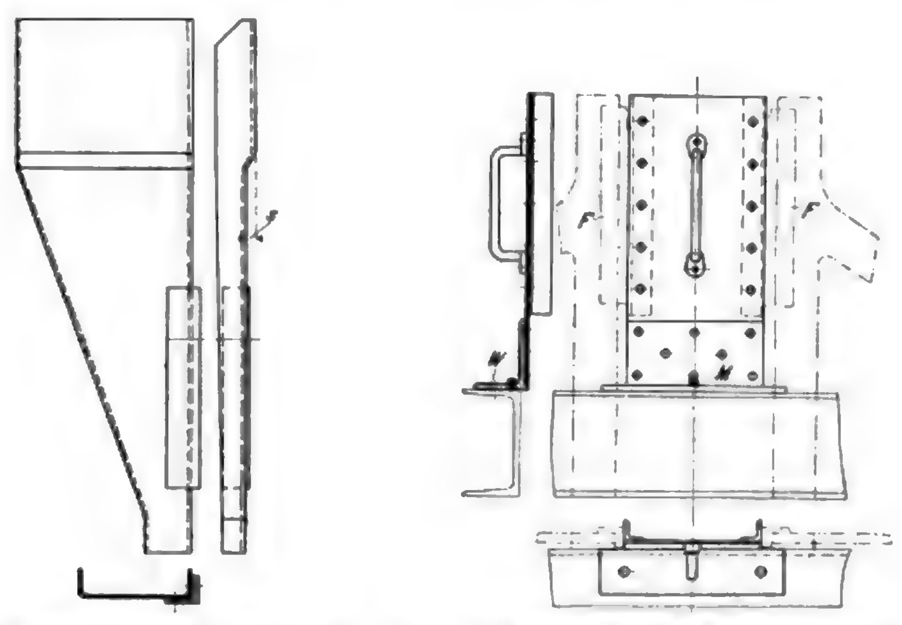


Abb. 6. Achsgabel aus Preßblech. Abb. 7. Einstellung einer Achsgabel nach Lehre.

Holzkeilen zwischen Untergestell und Böcken ausgeglichen. Die Verbindungsbleche 6, 7 werden darauf mit den Zugstreben bzw. mit Diagonalstreben und Längsträgern vernietet. Die Kopfstücke 2 werden vorgeheftet. Sämtliche Messungen werden wiederholt und darauf alles vernietet.

An den Zughakenführungen 8 werden die Nietlöcher mittels Schablone vorgezeichnet; die Nietlöcher werden gebohrt; alle sonstige Bearbeitung erfolgt mit der Feile. Die Zughakenführungen werden mit den Kopfträgern vernietet.

Die Achsgabeln 9 werden heute mit Vorliebe durch gepreßte Stücke ersetzt (Abb. 6). Hierbei ist auf besonders genaue Innehaltung des Maßes *s* zu halten, da von diesem das Stichmaß der Gleitstücke, in der Längsrichtung der Achse genommen, abhängig ist. Die Nietlöcher werden nach Schablone an der Achsgabel vorgezeichnet und gebohrt, und zwar die der Befestigung am Rahmen dienenden mit 1 mm Untermaß. Ähnlich werden die Gleitbacken 10 nach Schablone vorgezeichnet und gebohrt, um dann an die Achsgabeln angenietet zu werden.

Digitized by Google

Die Achsgabeln werden an die Längsträger angeheftet und mittels der in Abb. 7 dargestellten Lehre in die richtige Stellung gebracht, indem diese mit ihrer Mittelpunktsmarke auf die beim Vorzeichnen der Längsträger erwähnten Marken *M* eingestellt wird. Indem sich ferner die Lehre mit dem Winkel *W* gegen den Längsträger legt, ist die senkrechte Stellung der Gleitflächen zu diesem sicher gestellt. Die Nietlöcher werden aufgerieben und die Gabeln angenietet.

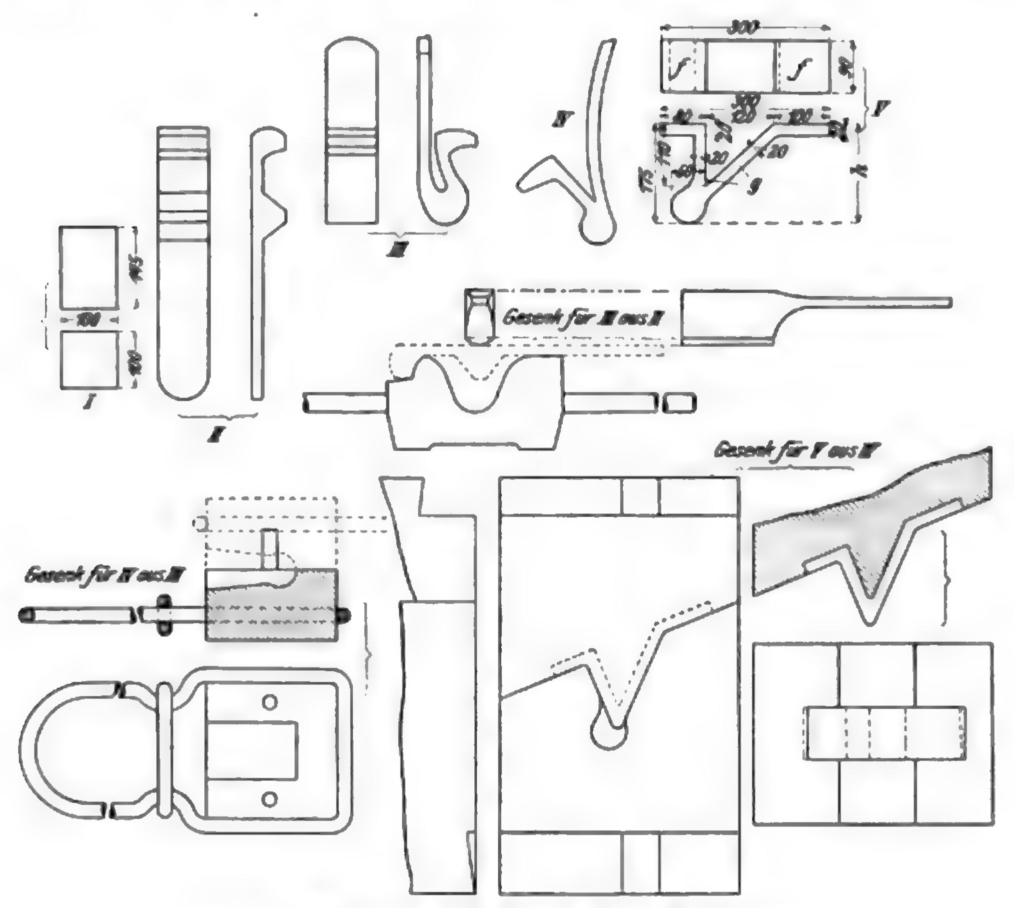


Abb. 8. Schmieden und Pressen eines Federbockes.

Die Federböcke 11 (Abb. 1) sind nach Abb. 8 vorgeschmiedet und erhalten ihre rohe Form nach der in dieser Abbildung dargestellten Gesenk- und Schmiedearbeit. Sie werden angekörnt und an Fläche *f* auf Höhe *h* gehobelt oder gefräst. Das Loch für den Bolzen des Federgehänges wird gebohrt und die Flächen *g* angefräst. Die übrigen Flächen werden nur befeilt. Die Federböcke werden auf die Längsträger aufgesetzt und durch die in Abb. 9 skizzierte Lehre in die richtige Stellung zu den Gleitbacken gebracht. In dieser Stellung werden die Nietlöcher in ihnen nach den im Längsträger schon vorhandenen vorgezeichnet. Sie werden gebohrt und angenietet.

Wagen mit Lenkachsen erhalten Federböcke und Gehänge nach Abb. 10. Die Kloben *k* werden mit den Böcken verschraubt, diese mit Hilfe einer der eben besprochenen ähnlichen Schablone in die richtige Stellung zu den Achshaltergabeln gebracht, die Nietlöcher nach den im Längsträger schon vorhandenen Nietlöchern vorgezeichnet usw.

Zur Aufnahme des Wagenkastens dienen Konsolen 12. Diese, teils aus kastenförmigen Preßblechen, teils aus einem verschweißten Flacheisenstreifen bestehend, der durch Pressen eine dem Längsträger sich anschmiegende Form erhält, sind nach Schablone vorgezeichnet, gebohrt, an das Untergestell angeheftet und mit ihm vernietet.

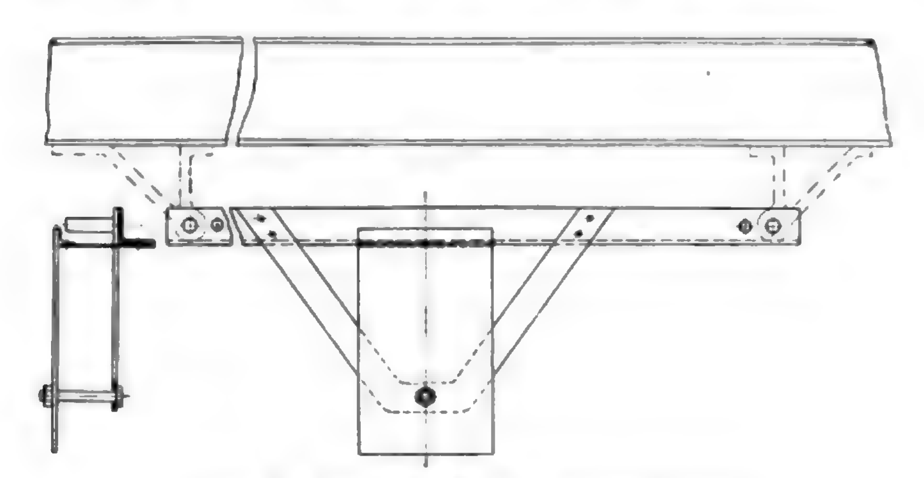


Abb. 9. Setzen der Federböcke nach Lehre.

Das Untergestell wird, um den Wagenkasten aufzunehmen, geschwenkt. Die Federn werden eingehängt und das Gestell auf die Achsen, deren Schenkel die Achslagerkästen tragen, niedergelassen. Das Gestell wird nach dem Teil der Werkstatt gefahren, in dem der Zusammenbau des Kastens vorgenommen wird.

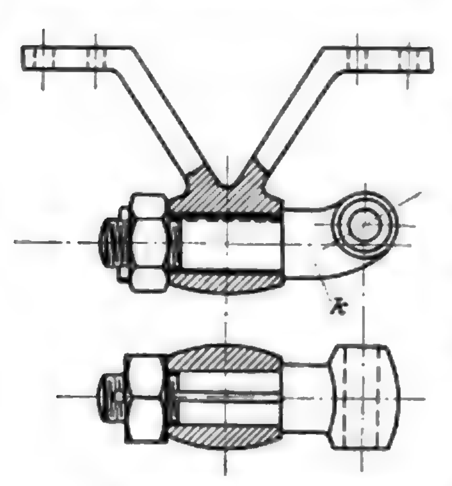


Abb. 10. Federbock für Lenkachsen.

Hinsichtlich des Anstriches des Untergestelles und seiner einzelnen Teile gilt folgendes: Die Berührungsflächen zweier sich aneinander legender Teile sind vor dem Aneinanderheften oder Nieten nach sorgfältiger Reinigung mit Drahtbürsten, Sandstein und Terpentin oder dergleichen mit Bleimennige zu streichen. Solche Stellen sind z. B. die Berührungsflächen der Zugstreben 3 und Diagonalstreben 5, der Kopfträger 2 und Verbindungsstücke 6, 7, der Federböcke 11 und Längsträger 1. Nach dem Schwenken wird das ganze Untergestell in gleicher Weise gereinigt und mit Bleimennige gestrichen. Wenn später der Wagenkasten aufgebracht, Zugvorrichtung und Puffer angebracht sind, wird endlich das ganze Untergestell schwarz gestrichen und außen mit Anschrift versehen. Bei Personenwagen wird die Außenseite außerdem lackiert.

Die Herstellung der Pufferkörbe und Zughaken als Gesenk- und Schmiedearbeit ist durch Abb. 11 und 12 zur Darstellung gebracht.

Digitized by Google

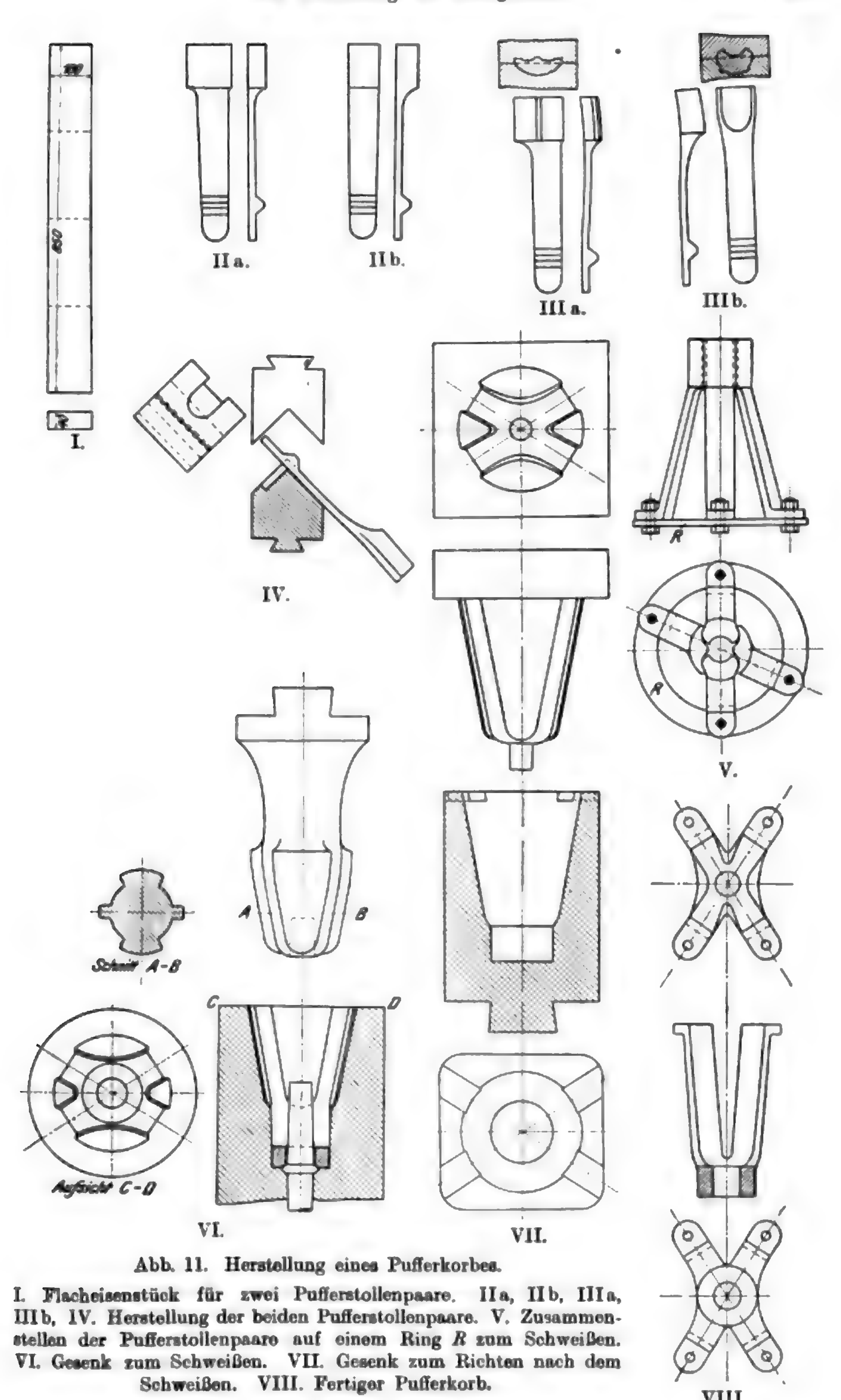


Abb. 11. Herstellung eines Pufferkorbes.

I. Flacheisenstück für zwei Pufferstollenpaare. IIa, IIb, IIIa, IIIb, IV. Herstellung der beiden Pufferstollenpaare. V. Zusammenstellen der Pufferstollenpaare auf einem Ring *R* zum Schweißen. VI. Gesenk zum Schweißen. VII. Gesenk zum Richten nach dem Schweißen. VIII. Fertiger Pufferkorb.

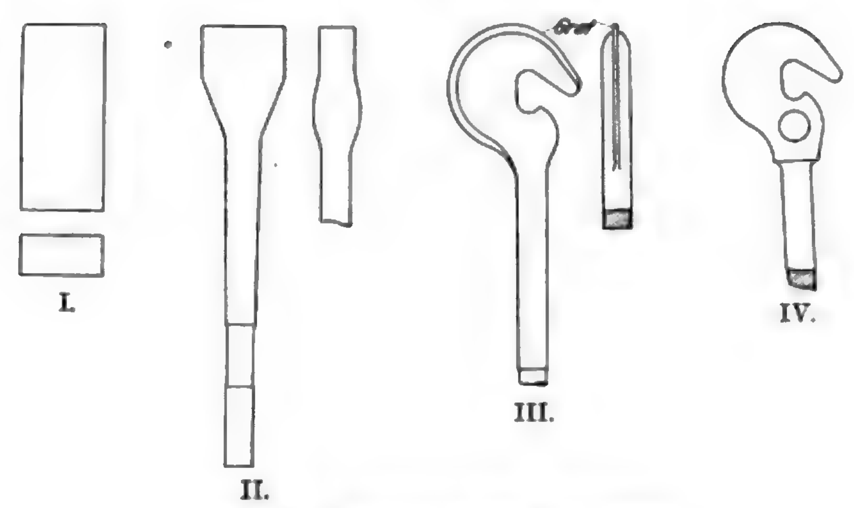


Abb. 12. Herstellung eines Zughakens.

2. Der Zusammenbau des Wagenkastens der Güterwagen.

Der Wagenkasten der Güterwagen steht mit dem Untergestell in weit innigerem Zusammenhang, als dies bei Personenwagen mit besonderem Untergestell der Fall ist; dieser Zusammenhang wird durch das aus eisernen Rungen 13, Eckwinkeln 14, Seitenlängsrahmen 15, Deckrahmen 16 und den Sperrhölzern 17 und Spriegeln 18 gebildete Gerippe hergestellt, das einerseits mit den Konsolen des Untergestelles fest verbunden ist, andererseits Seitenwände, Stirnwände, Fußboden und Dach aufnimmt. Die eigentlich tragenden Bauteile werden also, abgesehen von den Spriegeln, durch Profileisen gebildet. Holz dient nur zur Verschalung und tritt nur in einfach gestalteten Bauteilen auf. An die im vorigen Abschnitt erledigte Besprechung des Untergestelles soll daher die Besprechung der Aufbauarbeiten für einen Güterwagenkasten angeschlossen, die Einzelbearbeitung der hölzernen Bauteile aber erst im folgenden Abschnitt besprochen werden.

Die Rungen, Deckenrahmen, Eckwinkel und Seitenlängsrahmen nebst den zugehörigen Knotenblechen werden nach Schablone angezeichnet und dann gebohrt. Das Gerippe der Seitenwände und Stirnwände wird je für sich auf rund 1 m hohen Böcken liegend, ähnlich denen, die beim Zusammennieten des Untergestelles benutzt wurden, in der Weise zusammengesetzt, daß die [-Eisen und ∠-Eisen mit den Knotenblechen unter Beachtung genau rechtwinkliger Lage der ersteren zu den letzteren verheftet und dann vernietet werden. Die aus ∠-Eisen bestehenden Eckrungen werden hierbei mit dem Seitenwand-, nicht mit dem Stirnwandgerippe vernietet.

Die so gebildeten Gerippe der Seiten- und Stirnwände werden mit den an das Untergestell genieteten Konsolen und untereinander mittels der Eckwinkel verheftet.

Hinsichtlich der Reinigung und des Anstrichs der eisernen Gerippeteile, besonders auch der Berührungsstellen der ∠-Eisen, [-Eisen und Knotenbleche untereinander, gilt ähnliches wie für die Untergestellteile.

Digitized by Google

Alle hölzernen Bauteile, mit deren Einbau nunmehr begonnen wird, sind an den Flächen, mit denen sie sich gegen eiserne legen, ebenso wie diese selbst, vor dem Einbau mit Ölfarbe zu streichen. Es gilt dies beispielsweise für die Unterkante des Sperrholzes 17 und das Deckenrahmenstück 16 der Stirnwand (Abb. 1).

Die Spriegel 18 (Abb. 1), die nach Schablone gebohrt sind, werden an die Deckenrahmen angeschraubt und dann sogleich die Fußbodenbretter eingebracht, um auf diesen stehend bequem weiterarbeiten zu können. Von den Seitenwänden müssen vor dem Einbringen des Fußbodens die untersten Bretter eingebaut werden, weil, wie Abb. 1b zeigt, die Seitenwände, den Fußboden einschließend, bis auf den Seitenlängsrahmen niedergeführt sind. Nach Einbringung des Fußbodens wird mit dem Aufbau der Seitenwände fortgefahren.

Die Dachbretter mit ihren eisernen Federn (siehe Nebenabb. zu 1b) werden aufgebracht, und zwar so, daß die äußersten Bretter zuerst gelegt werden, damit das Dach den richtigen Überhang bekommt. Dieser wird mittels einer Lehre erhalten, die gegen den senkrechten Schenkel des Deckenrahmens 16 gehalten wird. Die Dachbretter werden durch Holzschrauben an den Spriegeln festgeschraubt.

Ist der hölzerne Aufbau des Wagenkastens in dieser Weise fertiggestellt, so erhält er einen Anstrich mit heißem Leinölfirnis, dem für die Außenseite etwas Farbe zugesetzt wird. Die Holzflächen werden gekittet und — an den Außenflächen zweimal — gespachtelt. Es wird ein zweimaliger Farbanstrich vorgenommen. Die Schrift wird aufgesetzt, und endlich der Lacküberzug hergestellt. Die eisernen Gerippteile werden gleichzeitig in ähnlicher Weise, wie dies für das Untergestell beschrieben wurde, gestrichen und lackiert.

Das Dach wird mit Spachtel ausgefugt und mit Bleiweißfarbe gestrichen. Ist die Farbe getrocknet, so wird die sogenannte Deckenmasse in 5 mm starker Schicht warm aufgetragen. Die bei der preußischen Staatsbahn übliche Zusammensetzung wird gebildet aus 43% Leinölfirnis, 28% gemahlener Kreide, je 7% Ocker und gebrannter Umbra, 1% Silberglätte, 14% Burgunderharz. Über die Deckenmasse wird nahtloses Segeltuch gespannt, mit verzinkten Eisen- und messingnen Nägeln befestigt und mit Blechwalzen so lange gewalzt, bis die Deckenmasse durchzudringen beginnt. Nach achttägigem Trocknen wird das Segeltuch zweimal mit Deckenmasse überzogen und zuletzt feinkörniger Sand aufgestreut.

Zur Vermeidung der Sandbestreuung, die zur Staubbildung Veranlassung gibt, unterbleibt neuerdings vielfach die Auftragung von Deckenmasse auf das Segeltuch und dieses erhält nur einen dreimaligen hellen Ölfarbenanstrich.

Alle Beschläge, Signalstützen, Schilder, Handgriffe usw. werden vor den Anstricharbeiten an die Wände angepaßt. Die zugehörigen Löcher werden nach Schablonen vorgezeichnet und gebohrt. Die Anbringung erfolgt aber nach der Lackierung.

Während der letzten Vollendungsarbeiten am Wagenkasten werden die Pufferkörbe nebst Puffern am Untergestell und die Zugvorrichtung angebracht.

3. Die Herstellung der hölzernen Bauteile für die Wagenkasten der Personen- und Güterwagen.

a) Baustoff.

Als Baustoff stehen im Vordergrund Eichenholz für tragende Bauteile, Kiefernholz für Verschalungen. Für außergewöhnlich lange Träger, nämlich die Langrahmenhölzer der vierachsigen Personenwagen tritt Pitchpine an Stelle des Eichenholzes, weil es in so großen Abmessungen leichter fehlerfrei zu beschaffen ist. Eine ganze Reihe anderer Holzarten findet für kleinere Bauteile Verwendung, z. B. Eschenholz für Sitzlatten, Fensterrahmen und Fensterschlüssel, Ahornholz für Lüftungsschieber, Nußbaumholz als Zierholz usw.

b) Die Behandlung des Holzes bis zur Verarbeitung.

Es soll zunächst einiges Allgemeines über die Vorbereitung der hauptsächlich verwendeten Holzarten, also des Eichen- und Kiefernholzes, mitgeteilt werden.

Alles Holz soll im Winter gefällt werden.

Die Stämme werden im allgemeinen schon im Walde roh auf ungefähr viereckige Form beschlagen, um die Beförderung bequemer vornehmen zu können und die Vorgänge des Auslaugens im Wasser und demnächst der ersten Lufttrocknung etwas zu erleichtern.

Eichenholz soll als Stamm 2 bis 3 Jahre im Wasser liegen, damit die Saftbestandteile gründlich ausgelaugt werden. Die Entfernung der Saftbestandteile ist erforderlich, weil diese einen guten Nährboden für Fäulniskeime abgeben und wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaften nach der natürlichen oder künstlichen Trocknung wieder Luftfeuchtigkeit anziehen würden. Der Stamm soll darauf $^1/_2$ bis 1 Jahr an der Luft liegen, um dann in Bretter und Bohlen geschnitten zu werden, die die Abmessungen der fertigen Stücke mit Zuschlag für Schrumpfung und Bearbeitung erhalten. Wird eine künstliche Trocknung nicht beabsichtigt, so müssen die Stücke je nach ihren Abmessungen 3 bis 5 Jahre an der Luft — am besten in besonderen Trockenschuppen — lagern.

Diese Trockenschuppen enthalten niedrige Stockwerke, in denen die Bretter und Bohlen mit Abstand in Höhe und Breite gelagert werden. Die Seitenwände sind als Lattenwände ausgebildet, so daß die Luft ungehindert zutreten kann, oder fehlen auch wohl ganz. Das Dach muß weit ausladen, um das Hereintreiben von Regen und Schnee zu verhüten.

Durch künstliche Trocknung kann die Lagerzeit für die Bohlen und Bretter auf ein Jahr vermindert werden. Die künstliche Trocknung vermeidet also Zinsverluste durch Verringerung des Holzbestandes auf den Bedarf eines Jahres und macht die großen Trockenschuppen entbehrlich. Hierin liegt ihre wirtschaftliche Bedeutung.

Hat Eichenholz nicht genügend lange als Stamm im Wasser gelegen, so muß außer der Trocknung auch eine Dämpfung vorgenommen werden, um Saftreste auszulaugen. Ebenso ist Dämpfung erforderlich, wenn die Bohlen und Bretter weniger als ein Jahr oder gar nicht an der Luft gelegen haben, weil das noch feuchte Holz sonst bei der künstlichen Trocknung zu schnell seine Feuchtigkeit an der Oberfläche abgibt. Der Unterschied des Feuchtigkeitsgehaltes an der Oberfläche und im Innern

Digitized by Google

führt dann infolge verschieden starken Schwindens leicht zur Rißbildung. Die Dämpfung öffnet die Poren des Holzes und erleichtert dem demnächst zugeführten warmen Luftstrom den Zutritt zu den inneren Teilen.

Kiefernstämme sollen $^1/_2$ Jahr im Wasser, dann $^1/_2$ bis 1 Jahr an der Luft liegen; die Luftrocknung für die Bretter und Bohlen dauert — spätere künstliche Trocknung vorausgesetzt — ein Jahr. Beim Kiefernholz kann mangelhafte Auslaugung und Trocknung nicht durch Dämpfung ersetzt werden.

Für die künstliche Trocknung werden Trockenkammern verwandt (Abb. 13)[1]. Jede Kammer *D* ist an den Enden durch eine Schiebetür dicht verschließbar, die durch einen über Rollen laufenden Kettenzug geöffnet werden kann. Das zu trocknende Holz wird auf kleinen Wagen von links her zugeführt. Die Gleise sind vollständig mit Wagen besetzt, so daß am rechten Ende ein solcher mit getrocknetem Holz entnommen werden muß, wenn links ein neuer zugeführt wird. Hierbei muß also die ganze Wagenreihe eines Gleises um eine Wagenlänge vorgeschoben werden. Es empfiehlt sich daher, dem Gleis in der Richtung dieser Bewegung etwas Neigung zu geben.

Die Bretter, Rahmenhölzer usw. werden auf den erwähnten Wagen so gelagert, daß in Höhe und Breite 40 mm Zwischenraum zwischen den einzelnen Stücken verbleiben, damit die Luft das einzelne Stück vollständig umspülen kann.

Vom Ventilator *b* wird ein Luftstrom an den Heizkörpern *B* vorbei und in den Querkanal *C* getrieben. Von diesem aus gelangt der Luftstrom in die unter den einzelnen Gleisen liegenden Kanäle und aus diesen durch Schlitze in den eigentlichen Trockenraum. In diesen Kanälen wird der Luft durch Heizröhren eine weitere Wärmemenge zugeführt, um den durch Ausstrahlung ans Mauerwerk auftretenden Verlust zu decken und durch Regulierung den gewünschten Temperaturabfall von einem zum anderen Schuppenende erzielen zu können (vgl. später).

Die Kanäle sind so abgedeckt, daß Schlitze entstehen, die nach dem linken Ende des Schuppens hin größer und größer werden. Auf diese Weise wird der Neigung der Luft entgegengearbeitet, größtenteils auf kürzestem Weg am rechten Ende der Kanäle in den Raum *D* überzutreten. Durch den Kanal *F* entweicht die Luft endlich über Dach ins Freie. Wie die eingezeichneten Pfeile zeigen, geschieht das Trocknen im Gegenstrom. Die Notwendigkeit, mit Gegenstrom zu arbeiten, erklärt sich daraus, daß dem schon nahezu vollständig getrockneten Holz am rechten Gleisende der letzte Rest von Feuchtigkeit nur durch ganz trockene Luft, die noch keine Feuchtigkeit durch Berührung mit Holz aufgenommen hat, entzogen werden kann. Ferner ist Gegenstrom angebracht, weil die Temperatur an dem schon stark getrockneten Holz höher sein darf.

Die Temperatur, mit der getrocknet werden darf, liegt bei Kiefernholz etwas höher als bei Eiche; sie beträgt bei jenem 35° für das eben eingeführte, noch ungetrocknete Holz; am anderen Ende darf sie 65° bis 70° erreichen. Für Eichenholz sind diese Zahlen 25° und 50°. Über-

[1]) Vgl. M. Künzel, „Über Trocknen von Holz“ Der praktische Maschinenkonstrukteur 1905, Bd. II, S. 57.

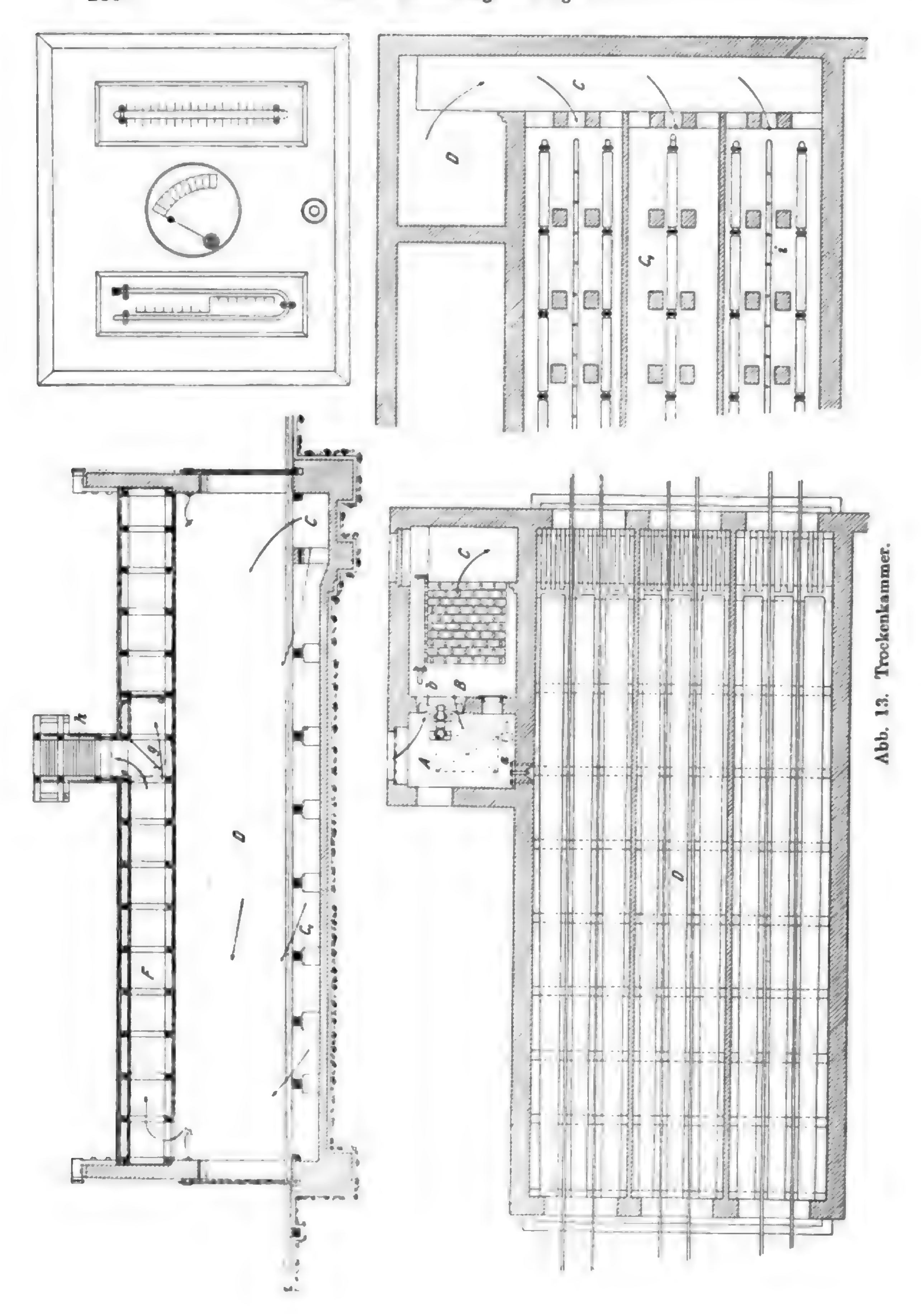


Abb. 13. Trockenkammer.

schreitungen dieser Temperaturgrenzen haben leicht Reißen des Holzes zur Folge.

Die trocknende Wirkung des Luftstromes hängt außer von der Temperatur von der relativen Feuchtigkeit und von der Geschwindigkeit des Luftstromes ab. Die erstere ist wieder abhängig von dem absoluten Feuchtigkeitsgehalt, den die Luft vor der Erwärmung besaß. Da dieser aber nach den Witterungsverhältnissen stark wechselt, so kann auch die relative Feuchtigkeit im Trockenraum trotz gleichbleibender Wärme stark schwanken. Da ein zu scharfes Trocknen besonders für das schon nahezu ausgetrocknete Holz durch Rißbildung gefährlich werden kann, so muß man ein Mittel haben, um das Unterschreiten eines gewissen Prozentsatzes von Wassergehalt zu vermeiden. Diesem Zweck dient die Klappe *g*. Wird sie mehr oder weniger geöffnet, so gelangt ein Teil der durch die Berührung mit dem nassen Holz mit Feuchtigkeit geschwängerten Luft durch einen Umlaufkanal zur Kammer zurück, wird von neuem den Heizkörpern *B* zugeführt usw.

Die Geschwindigkeit des Luftstromes hängt von dem durch den Ventilator erzeugten Überdruck ab.

Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt und Überdruck müssen also an entsprechenden, auf einem Brett zu vereinigenden Instrumenten, wie Abb. 13 dies zeigt, abgelesen werden können.

Vielfach begnügt man sich, wie oben erwähnt, mit diesem Trocknungsverfahren, wenn eine etwa einjährige Lufttrocknung zuvorgegangen ist, und wenn aus dem Holz durch genügend langes Liegen im Wasser die aus Eiweißstoffen bestehenden Säfte ausgelaugt sind. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, so muß bei Eichenholz die Trocknung, die bis zu 14 Tagen dauert (vgl. später), etwa jeden zweiten Tag durch mehrstündiges Dämpfen unterbrochen werden.

Abb. 13 zeigt die für Zuführung des Dampfes bestimmten Leitungen *i* und die Anordnung der Austrittsöffnungen. Während des Dämpfens ist der Ventilator natürlich außer Tätigkeit.

N u ß b a u m h o l z wird in geschlossenen Kesseln 3 bis 4 Tage gedämpft und dann wie das übrige Holz künstlich getrocknet.

Je kleiner die Abmessungen des zu trocknenden Holzes sind, in desto kürzerer Zeit ist der Trocknungsvorgang beendet, desto geringer auch die Neigung zur Rißbildung infolge ungleichmäßigen Austrocknens der einzelnen Teile. Aus diesem Grunde arbeitet man die noch ungetrockneten Hölzer, um möglichst kleine Abmessungen zu erhalten, auf Abmessungen vor, die von den endgültigen nur durch einen Zuschlag für Einschrumpfen und Nachputzen mit dem Hobel verschieden sind.

Es ist wünschenswert, daß die getrockneten Stücke sofort zur endgültigen Bearbeitung in die Werkstatt gehen. Für die Rahmenhölzer der Personenwagen usw. wird dies meist ausführbar sein, nicht aber für Bretter. Jede Trockenanlage bedarf also als Ergänzung eines Schuppens, in dem die getrockneten Bretter — atmosphärischen Einflüssen entzogen — bis zu ihrer Verwendung aufgestapelt werden. Diese Schuppen sind wie die obenerwähnten Trockenschuppen ausgeführt, können aber natürlich kleiner gehalten werden.

Einige Zahlenangaben mögen die im vorstehenden Abschnitt gemachten Angaben vervollständigen: Bretter von 25 bis 40 mm Stärke, wie sie für

Verschalungen, Fußböden und Seitenwände benutzt werden, verbleiben acht Tage in den Trockenkammern, wenn sie frisch sind, fünf Tage, wenn sie eine dreimonatliche Lufttrocknung durchgemacht haben. Zwei Tage genügen, wenn ein Jahr Lufttrocknung vorhergegangen ist. Für 60 mm starke Bretter ist die Trockendauer um je zwei Tage zu verlängern. Auf Dämpfung kann, wie oben angedeutet, im allgemeinen verzichtet werden.

Bretter von 25 bis 40 mm Stärke Fertigmaß müssen mit 5 mm Übermaß in die Trockenkammer eingebracht werden; um $2^1/_2$ mm trocknet das Holz ein, $2^1/_2$ mm gehen durch Bearbeitung verloren.

Für 60 mm starke Bretter ist das Übermaß 1 mm größer usw.

Sollen die Bretter an den Fugen verleimt werden, so ist auf die Bearbeitung statt $2^1/_2$ mm ein Übermaß von 4 mm anzunehmen.

Über die Übermaße für Längsrahmenhölzer 1 und Schwellen 2 Abb. 16 usw. der Personenwagen wird bei der Einzelbesprechung des Bearbeitungsganges dieser Stücke das Erforderliche mitgeteilt werden.

c) Die Bearbeitung des Holzes.

Wie oben erwähnt, beginnt nach der ersten halb- bis einjährigen Lufttrocknung die Zerlegung der Stämme. Die Stämme müssen zunächst quergeteilt werden. Sollen nämlich z. B. aus einem Stamme von 11,30 m Länge Langschwellen von 10,50 m Länge geschnitten werden, so wird vor dem Zerlegen in der Längsrichtung, dem Trennen, das obere Ende von 11,30 — (10,50 + 0,04) m Länge abgeschnitten. Die 0,04 m sind Bearbeitungszuschlag. Sollen aus einem Stamm kürzere Stücke, z. B. Querschwellen 2 für Personenwagen (Abb. 16), geschnitten werden, so ist der Stamm in mehrere Stücke, sogenannte Blöcke, zu zerlegen. Dieses Querschneiden der Hölzer geschieht zweckmäßig mit einer liegenden Gattersäge mit einem Blatt oder auch, wenn zu befürchten steht, daß diese nicht genügend ausgenutzt würde, von Hand.

Sollen endlich aus dem Stamm Bohlen und Bretter geschnitten werden, so wird in der ganzen Länge aufgetrennt. Eine Querzerlegung findet also nicht statt. Nur das obere astreiche Ende, das sogenannte Zopfende, das nur für kleinere Stücke tauglich ist, wird zuvor abgeschnitten. Kleinere Stücke, wie z. B. Stirnwandsäulen und Riegel werden nicht unmittelbar aus dem Stamm, sondern aus diesen Bohlen geschnitten.

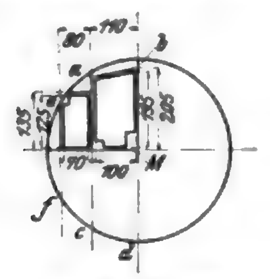


Abb. 14. Zerlegen eines Stammes.

Die Aufteilung in der Längsrichtung in Bohlen oder Bretter wird meistens mit der vertikalen Gattersäge mit mehreren Sägeblättern vorgenommen. Das Verfahren führt, weil mehrere Sägeblätter gleichzeitig arbeiten, schnell zum Ziel. Weit langsamer arbeitet die horizontal liegende Gattersäge mit einem in wagerechter Ebene liegenden Blatt. Sie bietet aber den Vorzug, daß jede Schnittfläche einzeln zum Vorschein kommt und nach ihrer Beschaffenheit Bestimmung über die Stärke der nächsten herunterzutrennenden Bohle oder Brettes getroffen werden kann.

Abb. 14 zeigt, wie z. B. ein Stamm in vier Langschwellen 1 und vier Oberlichtrahmenhölzer 4 (Abb. 16) zerlegt wird.

Die Sägeschnitte sind so gelegt, daß die entstehenden Bohlen um

Digitized by Google

10 mm größere Höhe und Breite als das fertige Stück aufweisen. Dieser Zuschlag ist für Bearbeitung, Schrumpfen beim Trocknen und Abfall beim Putzen erforderlich. Außer den einzelnen Maßen, die die Abmessungen des auszusägenden Stückes angeben, sind die Fertigmaße aufgenommen. Also z. B. 110 und 100, 70 und 80 usw. Bei *M* liegt der Kern. Da sich hier am ehesten unganze Stellen vorfinden, so gibt man dem Langschwellenquerschnitt in der für eine der Schwellen angedeuteten Weise eine solche Lage zum Stammquerschnitt, daß der Falz, und zwar der längere, bei *M* liegt, so daß also beim Falzen vom Kern möglichst viel weggearbeitet wird. Bei dieser Lage liegt auch die Schräge *ab* so, daß der Stammquerschnitt hier möglichst ausgenutzt wird.

Selten wird die eben besprochene Arbeit des Trennens mit der Bandsäge vorgenommen. Wohl aber wird Schnitt *ac* und *bd* an jedem Stück *acfe* und *acdb* mit der Band- oder Kreissäge ausgeführt.

Hiermit ist die rohe Form fertiggestellt. Das Stück wird zur zweiten halb- bis einjährigen Lufttrocknung zurückgelegt.

In ganz gleicher Weise werden die Bohlen hergestellt, die später zu Deckenrahmenhölzern 3 (Abb. 16), zu oberen Oberlichtrahmenhölzern 5 usw. verarbeitet werden sollen.

Für kürzere Stücke, wie z. B. die Querschwellen 2, geht, wie schon erwähnt, die Aufteilung des Stammes in Blöcke von der Länge des fertigen Stückes, vermehrt um einen Zuschlag von etwa 40 mm, vorher.

Hinsichtlich Trennens in Bretter ist nur zu erwähnen, daß man die ganzen nicht in Blöcke zerlegten Stämme trennt und das Abschneiden der Bretter auf Länge einer späteren Stufe des Arbeitsganges vorbehält.

Nach Beendigung der zweiten Lufttrocknung wird mit der Bearbeitung der Schwellen und Rahmenhölzer — also der Lang- und Querschwellen, der Oberlichtrahmenhölzer usw. — begonnen. Dabei ist aber Voraussetzung, daß die Stämme seinerzeit genügend lange im Wasser gelegen haben, so daß bei der künstlichen Trocknung keine Dämpfung erforderlich ist. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, so darf die Bearbeitung erst nach der Trocknung und Dämpfung erfolgen, weil das Holz durch letztere seine Abmessungen in zu unregelmäßiger Weise ändert.

Die Schwellen usw. werden zuerst an zwei aneinanderstoßenden Flächen auf der Abrichtmaschine behobelt, um so für die spätere Bearbeitung auf Maß mittels der Dickenmaschine Führungsflächen zu schaffen. Diese Abrichtmaschine besitzt entweder die übliche wagerecht dicht unter der Tischebene liegende Messerwalze oder auch einen Messerkopf, dessen Drehachse lotrecht zur Tischebene steht (Abb. 15). Nach dem angedeuteten Zweck genügt es, die bearbeiteten Flächen nur gerade glatt zu machen.

Es folgt die Bearbeitung der beiden noch rohen Flächen auf der Dickenmaschine, wobei sich das Werkstück mit den auf der Abrichtmaschine bearbeiteten Flächen auf dem Tisch und an einem auf dem Tisch befestigten Winkel führt. Durch diese Bearbeitung erhalten die Schwellen die endgültigen Abmessungen, vermehrt um einen Zuschlag von rund 5 mm für Schrumpfung bei der künstlichen Trocknung und für Nachputzen (vgl. früher). Die Messerwelle liegt über dem Tisch, bearbeitet also die obenliegende Fläche. Das Werkstück rollt auf Walzen, die ganz wenig aus der Tischebene hervortreten. Oft verwendet man Dickenmaschinen mit

noch einer zweiten Messerwelle mit lotrechter Drehachse, um gleichzeitig die beiden noch unbearbeiteten Flächen auf Maß herunterzuhobeln.

Weiterhin soll der Beschreibung die Langschwelle eines Personenwagens zugrunde gelegt werden.

Auf dem Stück wird alles vorgerissen, was für die genaue Formgebung wichtig ist, also alle Bohr- und Zapfenlöcher, die Ausschnitte *A* für den Türanschlag (Abb. 16), die Schräge *ab* und die Falzung *f* (siehe den Querschnitt in Abb. 16) usw.

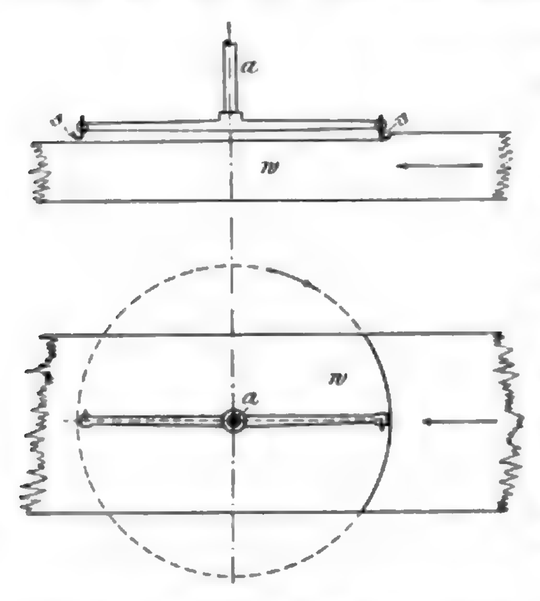


Abb. 15. Bearbeitung einer Langschwelle.

Die Löcher für die Schraubenbolzen *S*, die die Verbindung zwischen Kasten und den Konsolen des Untergestelles herzustellen haben, werden auf der gewöhnlichen Bohrmaschine hergestellt.

Die Zapfenlöcher für die Türsäulen 6 usw. werden zuweilen mit einer Art Langlochbohrmaschine hergestellt. Diese gibt aber natürlich halbkreisförmige Begrenzung der Schmalseite des Langloches. Die Maschine muß also noch ein Stemmwerkzeug etwa nach Art der Abb. 17 haben, um dem Loch die gewünschte rechtwinklige Begrenzung zu geben.

Umgekehrt muß eine Stemmaschine, die das Loch in seiner ganzen Länge mit einem Werkzeug nach Abb. 17 herstellt, auch mit einem Bohrer ausgerüstet sein, der vorerst ein oder einige Löcher bohren muß, damit der vom Stemmwerkzeug abgehobene Span Platz zum Ausweichen hat.

Abb. 17.

Häufig findet man in Waggonfabriken auch die Greenleesche Maschine (Abb. 18)[1]). Der innenliegende Bohrer stellt ein kreisrundes Loch her; die vier ein Quadrat bildenden Schneiden stemmen den Überstand des dem Kreis umschriebenen Quadrates fort,

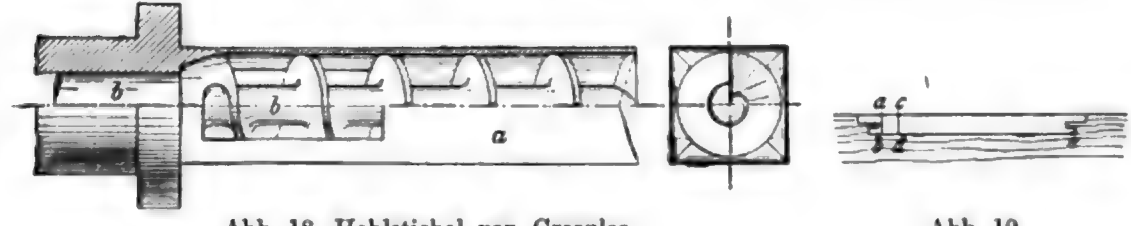


Abb. 18. Hohlstichel von Greenlee. Abb. 19.

indem das Werkzeug gegen das Werkstück gedrückt wird. Durch Wiederholung dieses Vorganges an dicht nebeneinander liegenden Stellen entsteht das Langloch.

Das Stück *A* (Abb. 16) wird in folgender Weise ausgesägt: Mit der Handsäge werden die Schnitte *ab* und *cd* (Abb. 19) hergestellt. Stück

[1]) Nach Fischer „Die Werkzeugmaschinen", Bd. II, S. 9, Berlin 1901, Julius Springer.

Digitized by Google

THE
OHN CRE
LIBRARY

Digitized by Google

abcd wird von Hand herausgestemmt und so Platz zum Ansetzen der Bandsäge gewonnen. Mit dieser wird Schnitt *de* hergestellt. Alles weitere ist Handarbeit.

Lange Nuten, wie z. B. bei *n* am Türausschnitt (Abb. 16), werden auf der Tischfräsmaschine, also einer Maschine mit wagerechtem Tisch und lotrechter Messerwelle gefräst. Als Werkzeug wird in Waggonfabriken statt des gewöhnlichen Messerkopfes mit Vorliebe ein Sägeblatt verwendet, das um einen gewissen Winkel gegen seine Drehachse schräg gestellt ist. Abb. 20 verdeutlicht, wie das Sägeblatt auf diese Weise eine mehr oder weniger breite Nut ausfräst. Da die Nut im Grundrisse an den Enden nach dem Halbmesser des Sägeblattes auslaufen würde, so ist Nachstemmen von Hand erforderlich.

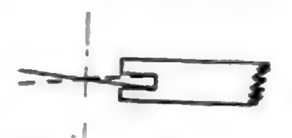


Abb. 20. Nutenschneiden.

Auch die Falzung *f* (Abb. 16) stellt man wohl mit schräggestelltem Sägeblatt her. Auf die lotrecht stehende Welle der Säge wird ein Ring geschoben, an dem die Schwelle entlang geführt wird. Hierdurch wird in einfachster Weise erzielt, daß die Schwelle in stets gleicher Entfernung an der Säge vorbeigeführt wird und der Falz gleichmäßig die richtige Höhe bekommt. Die Schwelle muß zweimal am Sägeblatt vorbeigeführt werden. Statt des schwingenden Sägeblattes kann man natürlich auch einen Messerkopf mit mehreren Messern anwenden.

Zum Anfräsen der Schräge *ab* (Abb. 16) wird eine Maschine mit stehender Messerwelle und an ihr schräg befestigten Messern benutzt.

Der Querschnitt der Schwelle ist hiermit mit den mehrfach erwähnten Zuschlägen für Schrumpfung bei der künstlichen Trocknung und Abfall beim Nachputzen mit dem Handhobel fertiggestellt.

Die Endzapfen *z* sind, weil hier größte Genauigkeit erforderlich ist, noch nicht angeschnitten.

Die Stücke werden in der Trockenkammer getrocknet.

Die getrockneten Langschwellen und Rahmenhölzer werden dem Kastenbau zugeführt, woselbst der später zu besprechende Zusammenbau zum Wagenkasten vorgenommen wird. Hier wird die Bearbeitung dieser Stücke zu Ende geführt, indem zunächst die Schrägen *s* von Hand hergestellt werden. Die Schwelle wird von Hand auf genaues Längenmaß abgesägt und dann die Endzapfen hergestellt.

Hinsichtlich dieser Zapfenverbindungen, die besonders an den Enden der Lang- und Querschwellen eine ziemlich verwickelte Gestalt haben, sei hier nur soviel bemerkt, daß man sie, abgesehen vom Ausstemmen des Zapfenschlitzes bei den Langschwellen, im allgemeinen wegen deren Unhandlichkeit und Raumbeanspruchung durch Handarbeit mit der Säge fertigstellt.

Für kürzere Stücke wendet man Spezialmaschinen an. Ihre Zäpfung erfolgt, nachdem sie auf genaue Länge abgesägt sind, etwa auf einer Maschine der durch Abb. 21a angedeuteten Art, die häufig in Wagenfabriken benutzt wird. Man denke sich das anzuzäpfende Vorderende des Stückes von links nach rechts auf einem Tisch zuerst an den Messerwellen M_1 und M_2 dann an dem schrägstehenden Sägeblatt S vorbeigeführt, wobei die Längsrichtung des Stückes senkrecht zur Papierebene verläuft. Die Messerwellen tragen an ihren Stirnseiten Sägeblättchen *s*; diese stellen die Schnitte

Digitized by Google

ab, die Messer die Schnitte *bc*, endlich das Sägeblatt den mittleren Ausschnitt her. Häufig liegen zwischen den Messerwellen und dem Sägeblatt noch andere Messerköpfe, z. B. um eine Zäpfung nach Abb. 21 b herzustellen.

Eine besondere Besprechung erheischen wegen ihrer geschweiften Form die Säulen und besonders die Türsäulen 6 (Abb. 16). Diese werden mit Schablone auf der Bohle, die die halb- bis einjährige Lufttrocknung durchgemacht hat, mit Übermaß für Schrumpfung und Bearbeitung vorgezeichnet und mit der Bandsäge ausgeschnitten.

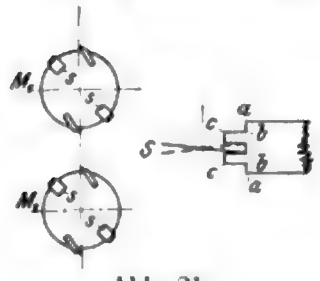


Abb. 21 a.

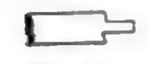


Abb. 21 b.
Zapfenbildung.

Abb. 22 zeigt bei *T*, wie die Türsäule auf der Bohle vorgerissen wird. Wollte man nach *U* vorzeichnen, so würde man wegen der geschweiften Form der Säule das Holz weniger gut ausnutzen und außerdem wäre der Faserverlauf im unteren Säulenende ein sehr ungünstiger. Die Flächen *a* und *b* (siehe den mit eingezeichneten Querschnitt) werden auf der Abrichtmaschine geglättet; *b* kann jedoch naturgemäß auf dieser Maschine nur auf dem geradlinigen Teil, also vom unteren Ende an bis *B*, abgerichtet werden. Fläche *c* wird auf der Dickenmaschine auf Maß heruntergehobelt, so daß die Säule jetzt die richtige Stärke *s* hat. Auf Fläche *a* wird mittels Schablone, die mit der von *a* und *b* gebildeten gradlinigen Kante bündig gelegt wird, der genaue Umriß vorgezeichnet und dieser durch Handarbeit mittels Schiffshobel und Schneidemesser oder, wo noch genügend Material geblieben ist, zunächst mit der Bandsäge hergestellt. Hierauf werden die Bohrlöcher gebohrt und die Zapfenlöcher gestemmt. Die Herstellung der Falze und der Fensterführung geschieht auf den früher besprochenen Maschinen. Um das Stück trotz seiner geschweiften Form führen zu können, wird die Säule mit einer Beilage durch die Maschine geschickt.

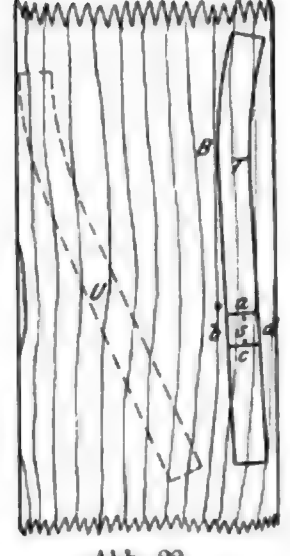


Abb. 22.
Vorreißen einer Türsäule.

Der Zapfen am oberen Ende der Türsäule wird genau nach Zeichnung angeschnitten, und zwar, da das Stück handlich ist, maschinell. Der untere Zapfen wird unter Beachtung des Maßes *h* (siehe Abb. 16 und 23), also gemessen bis zum Boden des Zapfenloches in der Säule bei *a* (Abb. 16) angeschnitten. Dabei ist die Säule im Gegensatz zu dem bei Herstellung der Schwellen und Rahmen Bemerkten nicht zuvor auf Länge geschnitten, und zwar aus folgendem Grund: Die Zapfen der Säulen enden, wie Abb. 23 zeigt, am unteren Ende der Säule nicht in einem Zapfenloch, sondern frei. Stellt man die Säule in der besprochenen Weise her, so ragt der Zapfen unten vor und kann mit größter Genauigkeit nach Einbau der Säule bündig abgeschnitten werden.

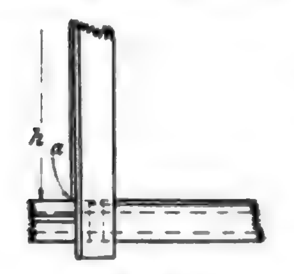


Abb. 23.
Abschneiden der Türsäule.

Digitized by Google

Die sonstige Bearbeitung der Türsäulen bietet keine besonderen Eigentümlichkeiten.

Ebensowenig ist hinsichtlich der Bearbeitung der zahlreichen kürzeren Stücke, der Riegel 7, 8, geraden Säulen 9 usw. Besonderes zu bemerken.

Sperrhölzer 10 (Abb. 16 und 24) werden auf der Bandsäge nach ihrer Umgrenzungslinie mit Zuschlag für Bearbeitung und Schrumpfung ausgesägt, und an den Flächen *a* und *b* mit der Abrichtmaschine bearbeitet. Durch Bearbeitung der Rückseite *c* auf der Dickenmaschine erhält das Stück die vorgeschriebene Stärke. Mit Schablone, die mit *AB* bündig gelegt wird, wird die genaue Form vorgerissen und mit der Bandsäge hergestellt. Die eben mit der Bandsäge hergestellte Schnittfläche wird von Hand mit dem Hobel geglättet. Eine künstliche Trocknung des Stückes kann wegen seiner Einfachheit im allgemeinen entbehrt werden.

Bohlen als solche finden Verwendung als Boden der Güterwagen, Bretter für den Fußboden der Personenwagen, für die Verschalung der Zwischen- und Seitenwände usw. Der Bearbeitungsvorgang ist folgender:

Die durch Trennung der Stämme entstandenen Bretter und Bohlen werden mittels Pendelsäge auf Länge mit rund 40 mm Zuschlag abgeschnitten.

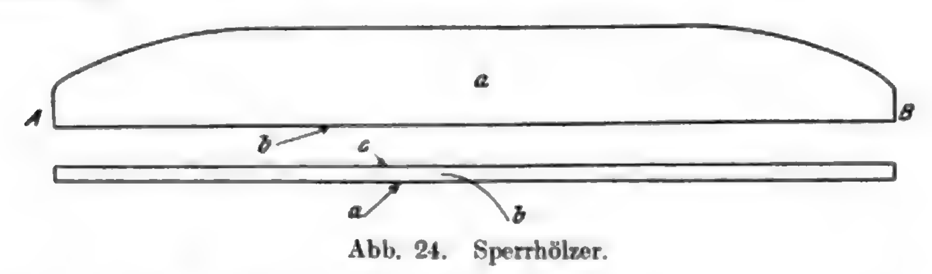


Abb. 24. Sperrhölzer.

Es folgt die ein halb- bis einjährige Lufttrocknung und hierauf unmittelbar vor der weiteren Bearbeitung die künstliche Trocknung. Auf der Abrichtmaschine werden, wie für die Schwellen beschrieben, zwei aneinanderstoßende Flächen geglättet. Die weitere Bearbeitung weicht nun aber von der der Schwellen ab; es werden nämlich auf einer vierseitigen Hobelmaschine alle vier Seiten gleichzeitig bearbeitet, und zwar in folgender Weise. Die untere schon geglättete Seite des Brettes oder der Bohle, die auf dem Tisch der Hobelmaschine geführt wird, wird mit Putzmessern bearbeitet. Es ist das diejenige Seite des Brettes, z. B. des Seitenwandbrettes eines Güterwagens, die beim Zusammenbau nach außen gelegt wird und deshalb später geschliffen und lackiert wird oder diejenige Seite der Bohle, die die Bodenfläche des Güterwagenbodens bilden soll. Die Messerwelle dieser Putzmesser ist schräg gerichtet, um den — natürlich sehr feinen — Span möglichst sauber loszulösen. Die zweite oben wagerecht liegende Messerwelle hobelt die obere Fläche auf das vorgeschriebene Maß herunter. Seitlich lotrecht stehende Messerwellen geben den Brettkanten mittels Kehlmesser, Nut- und Spundmesser oder ähnlichen Werkzeugen die gewünschte Form, d. h. Fälzung, Nute, Kehlung oder dergleichen, wie dies Abb. 1 und 16 zeigen.

Die Bretter werden auf der Kürzmaschine auf genaue Länge geschnitten. Die Kürzmaschine ist eine Kreissäge mit $\wedge$-förmigen, sogenannten Wolfszähnen, d. h. Zähnen, die, weil beim Querschneiden die Fasern quer durchgeschnitten werden, mit den Flanken, nicht mit den Spitzen schneiden.

Die vor der Türöffnung der Güterwagen liegenden Hirnenden der Bohlen, die den Fußboden bilden, sind nach Abb. 1b durch ein Flacheisen 19 geschützt. Die Abblattung für dieses Flacheisen wird entweder auf der Tischfräsmaschine hergestellt, wobei auf die Messerwelle ein einfaches Sägeblatt aufzusetzen ist, oder zweckmäßiger auf der Kürzmaschine, die dann mit einem Messerkopfe, einem sogenannten Abblattkopfe, auszurüsten ist.

Die vorher auf der Hobelmaschine mit Putzmessern geglätteten, zur Aufnahme des Anstriches, des Lackes und der Anschriften bestimmten Bretter werden mit Glasstaub oder Schmirgel geputzt. Auch diese Arbeit wird zweckmäßig maschinell ausgeführt und zwar mit einer Maschine, die nach Art einer Auslegerbohrmaschine gebaut ist. Statt des Bohrers trägt sie einen Teller, der an seiner unteren gegen das Brett zu drückenden Fläche einen Leinwandbezug trägt. Dieser Leinwandbezug ist mit Leim bestrichen und mit Schmirgel oder Glasstaub bestreut.

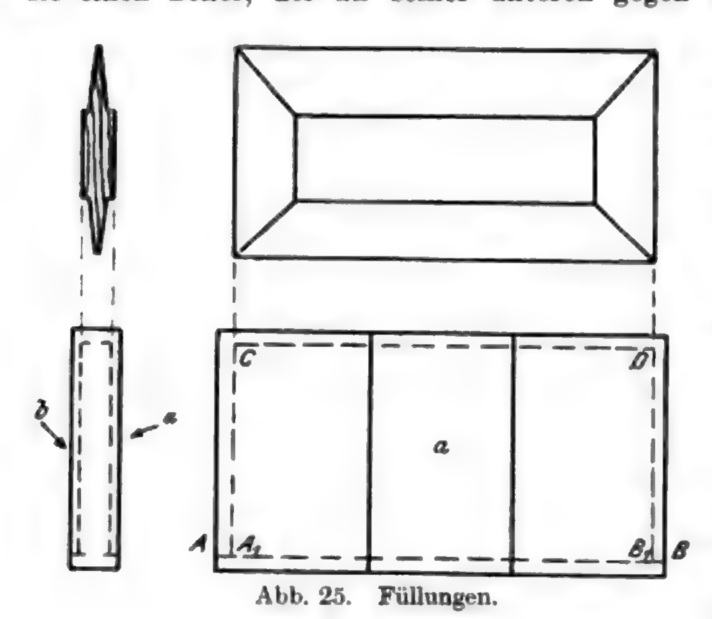


Abb. 25. Füllungen.

Füllungen mit Fries, wie sie in den Zwischenwänden der Wagen III. und IV. Klasse vorkommen, werden in der Weise hergestellt, daß drei Bretter (Abb. 25) mit den sauber bearbeiteten und dann mit Zahnhobel künstlich rauh gemachten Kanten aneinander geleimt werden. Eine Hirnholzkante AB und eine Fläche a wird auf der Abrichtmaschine geglättet. Die genaue Form $A'B'CD$ wird bündig mit der durch Behobelung von AB entstandenen glatten Kante vorgerissen und mit der Bandsäge ausgeschnitten. Fläche b wird auf der Dickenmaschine bearbeitet, so daß das Stück die richtige Stärke bekommt. Auf der Fräsmaschine werden endlich die Friese angefräst. Diese Maschine hat eine lotrechte Messerwelle, die mit der Friesneigung entsprechend schräg gestellten Messern ausgerüstet ist. Das Stück führt sich an den auf der Dickenmaschine bearbeiteten Flächen. Es muß achtmal durch die Maschine gehen. Zuweilen verwendet man Maschinen mit zwei Messerwellen, um das Stück nur viermal durch die Maschine senden zu müssen. Alle Flächen werden mit dem Hobel und Sandstein geputzt, endlich die Kanten mit dem Hobel bestoßen. Dies genügt, da sie später unsichtbar sind.

Für die I. und II. Klasse werden derartige Füllungen mit Nußbaumfurnier versehen. Solche Füllungen müssen, um Reißen und Brechen der Furniere zu vermeiden, aus drei Lagen dünner Bretter mit rechtwinklig zueinander verlaufenden Fugen verleimt werden.

Besondere Erwähnung verdienen noch **gebogene Hölzer**. Diese kommen vor als durchgehende Spriegel 18 (Abb. 1) und kurze Spriegel 11

Digitized by Google

(Abb. 16); endlich als Fensterdruckrahmen (Abb. 26). Die kurzen Spriegel können einfach, wie die Türsäulen, mit der Bandsäge krumm aus der Bohle geschnitten werden. Mit geringerem Abfall ist es natürlich verknüpft, wenn man sie unmittelbar aus krummem Holz machen kann. Krumme Teile eines Stammes sind also als besonderer Block herauszusägen und in Bohlen zu trennen. Aus diesen können krumme Spriegel ohne jeden Holzabfall herausgeschnitten werden, wenn sie gleiche Krümmung wie die Faserrichtung der Bohle aufweisen.

Die durchgehenden Spriegel können nicht einfach aus der Bohle herausgeschnitten werden. Dies Verfahren wäre mit zu starkem Holzabfall verknüpft und bei starker Krümmung an den Enden auch wegen des Faserverlaufes ungangbar, bei den Fensterdruckrahmen natürlich ganz unausführbar. Man kann sich dadurch helfen, daß man das Holz biegt. Hinsichtlich der aus Eichenholz zu fertigenden Spriegel hat dies seine Schwierigkeiten, weil häufig Reißen des Holzes an den starken Krümmungen auftritt. Viele Fabriken ziehen es daher vor, die stärker gekrümmten Endteile eichener Spriegel als besondere Stücke anzufertigen, also mit der Bandsäge krumm aus der Bohle auszusägen usw. und dann mit dem mittleren Teil durch Schäftung zu verbinden. Das Biegeverfahren wird dagegen stets für die Fensterdruckrahmen angewandt, da diese aus Eschenholz angefertigt werden können, das diese Behandlung gut verträgt. Das Verfahren soll daher auch für diese besprochen werden.

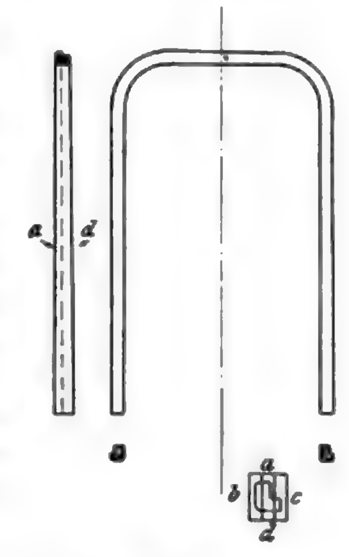


Abb. 26.
Fensterdruckrahmen.

Ein Stück, das die Abmessungen des Fensterdruckrahmens mit den erforderlichen Zuschlägen für Bearbeitung hat, wird an zwei aneinanderstoßenden Seiten *a* und *b* (Abb. 26) auf der Abrichtmaschine, an Seite *c* auf der Dickenmaschine bearbeitet. Die Falzung an der späteren Außenseite kann erst nach der Biegung, die sonst nicht regelmäßig vor sich gehen würde und, weil es auf genaueste Formgebung dieser Fälzung ankommt, vorgenommen werden. Seite *d* kann auf der Dickenmaschine nicht bearbeitet werden, weil sie später schräg geschnitten wird, so daß Fläche *a* und *d* nicht parallel sind.

Das Stück kann der auftretenden Scherspannungen wegen nicht als Ganzes gebogen werden. Es wird darum, wie der Querschnitt in Abb. 26 zeigt, der Länge nach mittels Bandsäge in drei 10 mm breite Streifen zerlegt. Die Sägeschnittflächen werden auf der Dickenmaschine geglättet und gleichzeitig die Streifen auf richtige Stärke gebracht. Den eben geglätteten Flächen, die dann miteinander verleimt werden sollen, gibt man durch Längsbearbeitung mit einem Zahnhobel eine künstliche Rauhigkeit in Gestalt feiner Riefen, die die verleimten Flächen nachher besser aneinanderhaften lassen. In einem geeigneten Blechgefäß werden die Stücke etwa $^3/_4$ Stunden lang mit Dampf von 2 at Spannung gedämpft. Durch diese Dämpfung wird die Elastizität des Holzes vorübergehend aufgehoben. Das Stück wird über eine Form in der gewünschten Gestalt zusammengebogen und verbleibt einen Tag auf jener. Hierauf werden

die Stücke sieben Tage bei mäßiger Wärme — etwa 35° — getrocknet; sie werden zu diesem Zweck an eine bestimmte Stelle des Trockenraumes, der die gewünschte Temperatur hat, gebracht, nehmen also nicht an der allmählichen Beförderung des Holzes durch die ganze Trockenkammer hindurch auf den früher besprochenen kleinen Wagen teil. Um Formveränderungen zu vermeiden, werden die freien Enden durch Bindeleinen miteinander verbunden.

Die Streifen werden verleimt und über der Form 24 Stunden getrocknet. Der Rahmen wird in die Fensteröffnung der Tür eingepaßt, auf Länge geschnitten und an den Stirnflächen von Hand geputzt. Fläche *d* wird auf der Tischfräsmaschine mit Sägeblatt angeschnitten. Da Fläche *a* und *d* schräg zueinander verlaufen sollen, so muß das Stück mit letzterer Fläche auf einer keilförmigen Beilage ruhen, deren Neigung jener Schräge entspricht und mit der sich das Stück auf dem Tisch führt, indem es an dem Sägeblatt vorbeigeführt wird.

Der Falz wird mit schwingendem Sägeblatt hergestellt.

4. Der Zusammenbau des Wagenkastens der Personenwagen.

a) Der Zusammenbau des Kastengerippes.

Die Zusammensetzung des Wagenkastens eines Personenwagens mit besonderem Untergestell erfolgt in der Weise, daß der von Lang- und Querschwellen mit zugehörigen Querriegeln (Abb. 16) gebildete Boden zunächst umgekehrt — also mit der oberen Seite nach unten — aufgelegt wird.

Es geschieht das auf Holzböcken. Deren Höhe sei ungefähr 50 cm, so daß ein bequemes Arbeiten am Boden möglich ist, die unten liegende Seite des Rahmens bequem zugänglich bleibt und später nach Schwenkung des Rahmens der sich allmählich aufbauende Wagenkasten durch die Türöffnungen ohne Trittstufen bestiegen werden kann. Die Zapfenverbindungen zwischen Lang- und Querschwellen müssen so genau gearbeitet sein, daß beide genau rechtwinklig zueinander liegen. Hinsichtlich sämtlicher überhaupt beim Zusammenbau des Kastens vorkommenden Zapfenverbindungen und der zugehörigen Winkel 12 und 13 (Abb. 16) gilt folgendes: Bevor die Schwellen, Säulen usw. mit Zapfen und Zapfenloch verbunden werden, sind letztere mit Ölfarbe zu streichen, da sich gerade an diesen Teilen wegen ihrer verschnittenen Form und versteckten Lage leicht Fäulnisherde bilden könnten, und die Farbe später beim Anstrich des fertigen Gerippes nicht mehr an diese Teile gelangen kann. Die Winkel, zum größten Teil als Kastenwinkel 13 (Abb. 16) ausgeführt, sind so gebohrt, daß die Bohrlöcher gegen die zugehörigen Bohrlöcher in Längs- und Querschwelle, Längsschwelle und Säule usw. um einen kleinen Betrag nach außen versetzt sind. Hierdurch wird erreicht, daß sich die zugehörigen Schraubenbolzen nur mit einem gewissen Zwang einbringen lassen und die Winkel mit einer gewissen Kraft in die betreffenden Ecken hineingedrückt werden, so die Verbindung zu einer durchaus starren machend. Die im besonderen im Bodenrahmen liegenden Winkel sind sämtlich als Schenkelwinkel ausgebildet, da es zwischen den Bodenbrettern an Raum zur Ausbildung eines Kastenwinkels fehlt. Winkel, die nicht mit beiden

Schenkeln genau anliegen, müssen zum Nachrichten in die Schmiede gegeben werden.

Zuerst werden die Winkel 12, dann, wenn festgestellt ist, daß diese gut anliegen und daß Längs- und Querschwellen im Winkel liegen, werden die unteren Bodenbretter, die jetzt also oben liegen, eingebracht. Nach Einbringung der unteren Bodenbretter wird der Boden geschwenkt, so daß nun die oberen Bodenbretter, die den eigentlichen Fußboden bilden, eingebracht werden können.

Unmittelbar vorher werden die durch Längsschwellen, Querschwellen, Bodenlängsriegel und die unteren sowie die sogleich aufzubringenden oberen Bodenbretter gebildeten Zwischenräume mit imprägnierter Holzwolle als Mittel gegen Wärmeausstrahlung ausgefüllt.

Die Holzwolle wird zuvor durch Imprägnierung mit einer Flüssigkeit, z. B. der sogenannten Gautschen Masse, unverbrennlich gemacht. Man setzt sie der Einwirkung der Flüssigkeit etwa vier Stunden lang aus. Um den Auftrieb zu vermeiden, ist die Holzwolle mit Brettern und Gewichten oder dergleichen zu belasten. Nach der Imprägnierung wird sie auf mehrere Stunden in die obere Hälfte eiserner Kästen gebracht, die durch Siebe in eine obere und eine untere Hälfte getrennt sind. Man kann auf diese Weise die abtropfende immerhin kostspielige Flüssigkeit zur Wiederverwendung zurückgewinnen.

Indem man zunächst die unteren Bodenbretter am umgekehrt liegenden Bodenrahmen einbrachte, schuf man die Möglichkeit, mit einmaligem Schwenken des Rahmens auszukommen, während anderenfalls, wie ohne weiteres ersichtlich, diese immerhin unbequeme Maßnahme zweimal vorgenommen werden müßte. Der Bodenrahmen hat jetzt seine endgültige Lage eingenommen und soll nun das eigentlich tragende Gerippe der Wände und des Daches aufnehmen. Es ist daher erforderlich, den Wagenboden vor Vornahme der weiteren Arbeiten mit der Wasserwage in allen Punkten und nach allen Richtungen genau in die Wage zu legen, damit der Wagenkasten nicht auf windschiefer Bodenfläche aufgebaut wird.

Gleichzeitig mit den eben besprochenen Arbeiten am Bodenrahmen wird auch der Oberlichtaufbau in folgender Weise fertiggestellt: Das untere und obere Oberlichtrahmenholz 4 und 5 werden durch die Riegel 14 (Abb. 16) verbunden, dann werden die so gebildeten Seitenwände des Oberlichtaufbaues durch die Dachspriegel 15 und endlich der so entstandene Aufbau durch die Spriegel 11 mit den Deckenrahmen 3 verbunden. Diese Zusammensetzung ist nur eine vorläufige, um feststellen zu können, ob alle Zapfenverbindungen gleichmäßig gut schließen, und ob alle Maße, die lichte Weite des Oberlichtaufbaues usw. innegehalten werden, oder ob und welche Nacharbeiten erforderlich sind. Darauf wird der Aufbau zur Ausführung etwaiger Nacharbeiten und zum späteren Einbau am Wagenkasten selbst wieder auseinandergenommen; nur der untere und der obere Oberlichtrahmen bleiben durch die Riegel verbunden. Die Zapfenverbindungen dieser Riegel mit den Rahmen werden daher auch schon durch Holzschrauben gesichert.

Auf den Querschwellen des Bodenrahmens werden die Stirnwände mit dem Sperrholz 10 aufgebaut. Die Seitenwandsäulen, also die Fenster und Türsäulen werden zuerst in das Deckenrahmenholz, das also vorläufig noch abseits liegt, eingepaßt. Gleichzeitig werden die Türsäulen auch

mit dem Türriegel 16 zusammengepaßt und die etwa erforderlichen Nacharbeiten vorgenommen. Abb. 16 läßt diese Verbindung über den Türöffnungen erkennen. Dieses Anpassen an den Deckenrahmen muß schon jetzt vorgenommen werden, denn etwaige Mängel, die sich erst beim Aufbringen des Deckenrahmenholzes auf die Seitenwand herausstellen würden, nachdem diese schon durch Einlassen der Säulen in die Langschwelle und Herstellung der Riegelverbindungen usw. fertiggestellt ist, würden nur mit großen Umständlichkeiten zu beseitigen sein.

Die Säulen werden jetzt in die Langschwellen eingepaßt und eingesetzt und durch die Seitenwandriegel 8 miteinander verbunden. Auf die so fertiggestellten Seitenwände und Stirnwände werden die Deckenrahmenhölzer aufgebracht.

Die Zwischenwände sind inzwischen für sich fertiggestellt und mit Füllung und Verschalung versehen. Sie werden eingebracht. Die Seitenwände des Oberlichtes, bestehend aus den beiden durch die senkrechten Riegel verbundenen Rahmenhölzern, werden aufgebracht und durch die Dachspriegel verbunden.

Das Oberlicht wird durch die Seitenspriegel 11 mit den Deckenrahmenhölzern verbunden. Da alle diese Teile, wie oben erwähnt, bereits vor dem Einbau in den Wagenkasten zusammengepaßt und etwa erforderliche Nacharbeiten vorgenommen waren, so sind Mängel, deren Behebung jetzt sehr umständlich wäre, nicht mehr zu erwarten.

Der Kasten wird verwinkelt, d. h. die oben besprochenen Kastenwinkel werden gesetzt, und zwar zuerst die in Stirn- und Seitenwand an die Ecksäulen anschließenden. Hierauf werden die anderen Winkel angebracht. Bevor sie angezogen werden, erfolgt das sogenannte Dichtschneiden, d. h. die wesentlichen Maße, z. B. die Weite der Türöffnungen, werden mit Lehren nachgemessen und, wo sich geringe Fehler zeigen, wird dadurch nachgeholfen, daß z. B. ein zu langer Riegel 8 dort, wo er sich gegen die Türsäule legt, von allen Seiten mit dem Fuchsschwanz bis auf den Zapfen herunter angesägt und so um die Breite des Sägeschnittes verkürzt wird. Jetzt werden die Schraubenbolzen, die zur Befestigung der Winkel dienen, eingebracht und diese hierdurch, wie oben erläutert, fest in die betreffenden Ecken hineingedrückt und dadurch zu Spannungsverbindungen gemacht. Die zugehörigen Schraubenmuttern werden aufgebracht und angezogen. Alle Zapfenverbindungen der Riegel mit den Säulen usw. werden mittels quer durch den Zapfen gehender Holzschrauben gesichert.

Das soweit hergestellte Kastengerippe wird innen und außen durch Hobeln geputzt und mit heißem Leinöl gestrichen. Die inneren Verschalungsbretter der Seitenwände und der Dachverschalung werden eingebracht und hierauf das Kastengerippe von außen mit grauer Ölfarbe gestrichen. Die Hohlräume die durch die Säulen und Riegel des Kastengerippes, durch die innen liegenden Verschalungsbretter und durch die später außen aufzubringende Blechbekleidung, sowie durch die Dachspriegel, die innere Dachverschalung und die eigentlichen später aufzubringenden Dachbretter gebildet werden, werden mit Holzwolle ausgefüllt.

Die Dachbretter werden aufgebracht; die weitere Behandlung des Daches ist die gleiche wie die für die Güterwagen beschriebene.

Digitized by Google

b) Das Aufbringen der Blechbekleidung.

Die Blechbekleidung des Wagens besteht aus einzelnen 2 mm starken Tafeln, die mit lotrechten durch Gußleisten überdeckten Stößen nebeneinander angebracht sind.

Die Bleche werden mit 6 mm Übermaß in rechteckigen Tafeln bezogen. Mit Schablonen wird der Umriß und die Fensteröffnungen vorgezeichnet. Die Tafeln werden mit der Blechschere auf Maß geschnitten. Die so hergestellten Schnitte werden freilich nicht ganz sauber, sobald es sich um gekrümmte Begrenzungen wie bei den äußeren Stirnwandtafeln handelt. Eine besondere Bearbeitung der Blechkanten durch Fräsen, wie sie z. B. bei Besprechung der Bearbeitung der Führerhauswände erwähnt wurde (siehe S. 200 in „Herstellung der Lokomotiven"), ist jedoch nicht erforderlich, weil alle Blechkanten durch Gußleisten oder an den Ecken durch Winkel usw. überdeckt werden.

Die Öffnungen für die Fenster sind allseitig von Material umschlossen. Sie können also nur ausgestoßen werden. Um das erste Ansetzen des Lochers möglich zu machen, wird zunächst auf der Bohrmaschine ein Loch gebohrt und dann die Öffnung auf einer Ausstoßmaschine mit schnell arbeitendem Locher hergestellt. Eine für diesen Zweck geeignete Maschine der Firma Hiltmann & Lorenz (Aue in Sachsen) zeigt Abb. 27.

Die Löcher für die Befestigungsschrauben des Bleches werden mit Schablone vorgezeichnet, gelocht und versenkt. Nachdem so alle am ebenen Bleche vorzunehmenden Bearbeitungen fertiggestellt sind, gehen die Bleche durch die Richtwalzen. Es ist das ein Walzenstuhl, bei dem oben drei, unten vier Walzen liegen. Das Blech trete z. B. von links her ein. Die ersten Walzen geben dem Blech Wellenform. Das Blech wird also zunächst wellig gewalzt, aber die Walzen sind so eingestellt, daß die Wellenhöhe nach rechts hin abnimmt und das Blech die Walzen am rechten Ende eben verläßt. Die Bleche gehen je nach ihrer Beschaffenheit sechs- bis zehnmal durch die Walzen. Auf der Richtplatte werden die Bleche mit eisernen Hämmern nachgehämmert und dann als Vorbereitung zur Aufnahme des ersten Anstriches mit Sandstein geschliffen.

Hierzu dient eine ähnliche Maschine, wie sie S. 244 zum Schleifen der Bretter beschrieben wurde, die also nach Art einer Auslegerbohrmaschine ausgeführt ist. An Stelle des Bohrers ist hier ein Hohlzylinder angebracht, der durch radiale Wände unterteilt ist. In die so gebildeten Zellen werden Sandsteinstücke mit unten ebenen Flächen eingebracht. Vermöge der Ausleger kann der rotierende Zylinder an jeden Punkt des in einem flachen Trog liegenden Bleches gebracht werden. Während des Schleifens wird gleichzeitig mit Wasser gespült.

Manche Firmen reinigen die Bleche in sehr wirksamer Weise mit Sandstrahlgebläsen. Jedoch ist es nicht ganz einfach, den Staub unschädlich zu machen. Einfache Abführung über Dach genügt — zumal, wenn das Werk inmitten einer Stadt liegt — nicht. Der Staub muß durch Wasser niedergeschlagen oder in Gruben geleitet werden.

Das geschliffene Blech wird mit grauer Ölfarbe grundiert.

Wie Abb. 16 bei *u* zeigt, sind die Bekleidungsbleche am unteren Ende umgebogen und greifen zur Erzielung eines guten unteren Abschlusses um die Längsschwellen herum. Die genaue Lage dieser Biegungskante ist für gutes Anliegen des Bleches wesentlich. Man bestimmt sie daher in der

Weise, daß das Blech an den Wagenkasten angeheftet und jene vorgerissen wird. Auf der Blechabkantmaschine wird dann die Biegung nach dem Riß vorgenommen. Das Blech wird zum zweitenmal an den Wagenkasten angeheftet, indem es zunächst etwa mit zwei Schrauben am oberen und ebenso mit zwei Schrauben am unteren Rand angeheftet wird. Dann wird es durch Anbringung der übrigen Schrauben endgültig befestigt.

Die Blechstöße werden durch Gußleisten 17 (Abb. 16), an den Ecken durch Eckleisten überdeckt. Die Türen, für sich fertiggestellt und mit Blech bekleidet, werden eingehängt; jedoch darf das endgültige Einpassen und

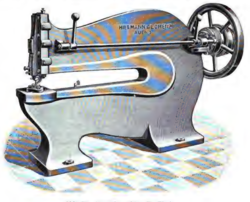


Abb. 27. Ausstoßmaschine für Bleche.

Gangbarmachen der Tür, sowie das Einsetzen des Schlosses erst nach Aufbringung des Kastens auf das Untergestell vorgenommen werden, weil der Kasten, leicht geneigt, sich zu verziehen, erst durch Stützung auf das Untergestell starr wird.

Der Kasten wird auf das Untergestell gesetzt, die Türen werden, wie eben besprochen, gangbar gemacht, die Sitze eingebracht und außen Handgriffe, Signalstützen, Leinenhalter usw. angepaßt. Es folgen die zahlreichen hier zu übergehenden Nebenarbeiten, das Einsetzen der Fenster, Einbringen der Gepäcknetze, der Dampfheizung usw.

Endlich, nach Fertigstellung der Lackierung, werden die Handgriffe, Leinenhalter usw., die, wie oben erwähnt, vorher angepaßt waren, angebracht.

Digitized by Google

Verbundlokomotiven.

Von

C. Guillery, und Ludwig R. von Stockert,
Kgl. Baurat, München, Professor an der k. k. Techn. Hochschule, Wien.

I. Die Anwendung der Verbundwirkung bei Lokomotiven.

Die Vorteile zweistufiger Dampfdehnung waren für ortsfeste Maschinen längst verwertet, bevor deren Anwendung auf Lokomotiven erfolgte. Der Grund liegt zunächst darin, daß einer der Hauptvorteile zwei- oder mehrstufiger Dampfdehnung, der geringere Wärmeverlust durch Abkühlung des eintretenden Dampfes an den Zylinderwänden, bei Lokomotiven nicht so stark zur Geltung kommen kann wegen der Untunlichkeit, den austretenden Dampf niederzuschlagen (zu kondensieren). Alle bis in die neueste Zeit fortgesetzten Versuche, den austretenden Dampf großer Lokomotiven teilweise niederzuschlagen, haben ungünstigen Erfolg gehabt, vollständige Niederschlagung verbietet sich aber schon deshalb, weil zur Anfachung des Feuers mittels des Blasrohrs der Dampfaustritt unter Druck unentbehrlich ist.

Bei einer Kondensationsmaschine mit einfacher Dampfdehnung ist die mittlere Temperatur der Zylinderwandungen erheblich niedriger als bei einer sonst gleichen Auspuffmaschine, die Wärmeverluste sind infolgedessen bei der Kondensationsmaschine mit einfacher Dampfdehnung erheblich stärker, und in gleichem Maße ist der Vorteil der Einführung zwei- oder mehrstufiger Dampfdehnung bei der Kondensationsmaschine größer.

Ein Umstand, der der Einführung der Verbundanordnung im Lokomotivbau hinderlich war, ist das Erfordernis besonderer Anfahrvorrichtungen, um bei ungünstiger Stellung der Kurbel des Hochdruckzylinders den von der Dampfzuleitung sonst abgesperrten Niederdruckzylinder mit frischem Kesseldampf versorgen zu können. Die Anfahrvorrichtungen brachten eine im Eisenbahnbetriebe nicht erwünschte Vermehrung der Vielteiligkeit der Anordnung der Maschine mit sich und das Versagen der häufig verwendeten selbsttätigen Anfahrvorrichtungen mit nicht zwangläufig geführten Ventilen gab Anlaß zu Unregelmäßigkeiten. Durch Undichtheiten entstanden bei manchen Anfahrvorrichtungen starke Dampfverluste.

Auch die Steuerungen der Verbundlokomotiven waren in allen ihren Bauarten doch nie ganz so einfach wie die der Zwillinglokomotiven und beanspruchten besondere Aufmerksamkeit bei dem Entwurf und der Ausführung, wie auch bei der Regulierung in den Werkstätten. Schließlich trat eine kleine Verteuerung und Unbequemlichkeit durch Vermehrung der Verschiedenartigkeit der Ersatzteile ein.

Zunächst kommt bei Lokomotiven mit zweistufiger Dampfdehnung der Vorzug geringerer Wärmeverluste durch Abkühlung an den Zylinderwandungen, wenn auch in geringerem Grade als bei ortsfesten Maschinen, zur Geltung. Der von Webb gemachte Versuch, mehr als zweistufige Dampfdehnung bei Lokomotiven anzuwenden, hat dagegen keinen Vorteil mehr ergeben.

Als Vorteil der zweistufigen Dampfdehnung kommt bei Lokomotiven die Möglichkeit einer weitergehenden Gesamtdehnung des Dampfes und damit im Zusammenhang die Anwendung höherer Kesseldrucke in Betracht. Bei einfacher Dampfdehnung läßt sich die kleinste Zylinderfüllung nicht so niedrig halten als die auf den Niederdruckzylinder bezogene kleinste Gesamtfüllung einer Verbundlokomotive, namentlich wegen der sonst auftretenden, bei einfacher Schiebersteuerung unvermeidlichen starken Zusammendrückung (Kompression) des vor dem Kolben verbliebenen Abdampfes. Es ist deshalb in den letzten Jahren die Verbundwirkung insbesondere auch für sehr stark beanspruchte Lokomotiven, bei denen die äußerste Steigerung der Leistungsfähigkeit erforderlich war, mit Erfolg zur Anwendung gekommen.

Infolge der Anwendung stärkerer Gesamtdehnung des Dampfes bei Verbundlokomotiven ist die Blasrohrwirkung allerdings nicht so stark wie bei Zwillinglokomotiven, aber zur Anfachung des Feuers vollständig ausreichend. Der Kessel wird ferner nicht so stark angestrengt, die Ausnutzung des Brennstoffs wird besser und es wird weniger Asche und unvollständig verbrannte Kohle in die Rauchkammer hinübergerissen und in den Rohren abgelagert.

Andere weniger bedeutende, aber durchaus zu berücksichtigende Vorteile der Verbundanordnung für Lokomotiven sind: 1. die größere Gleichförmigkeit des Dampfdruckes vom Anfang bis zum Ende des Kolbenhubes in jedem Zylinder; 2. damit im Zusammenhang die geringere Reibungsarbeit der Maschine an den Totpunkten der Kurbeln und die geringere Schädlichkeit der durchschnittlich stets mehr oder weniger stark vorhandenen Undichtheiten an Kolben und Schiebern, infolge des geringeren Unterschiedes zwischen dem mittleren Dampfdruck vor und hinter den Kolben, wie auch innerhalb und außerhalb der Schieber. Etwas vermindert werden die wirtschaftlichen Vorteile der Verbundlokomotiven durch die größere gesamte Abkühlungsfläche der Zylinder.

Die Überlegenheit der Verbundlokomotive über die Naßdampfzwillinglokomotive ist heute, namentlich für hohe Fahrgeschwindigkeiten, für lange Fahrstrecken ohne viele Aufenthalte und für nicht zu unregelmäßige Neigungsverhältnisse der Strecken, fast allgemein anerkannt. Der Technische Ausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen hat im Jahre 1903 festgestellt, daß Verbundlokomotiven bei gleicher Leistung sonst gleichartig gebauten (Naßdampf-)Zwillinglokomotiven gegenüber um 10 bis 12 v. H. weniger Kohlen und um 8 bis 10 v. H. weniger Wasser verbrauchen.

Bei gleichem Aufwand an Kohlen und Wasser unter sinngemäßer Änderung der Abmessungen der Kessel und Maschinen tritt eine entsprechende Erhöhung der Leistung der Verbundlokomotiven gegenüber Zwillinglokomotiven ein.

Dennoch haben einzelne Verwaltungen, insbesondere die amerikanischen Bahnen, aber auch manche innerhalb des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, bis in die letzte Zeit an der Zwillinglokomotive festgehalten und haben in deren Ausbildung und Pflege ihren Vorteil gesucht. Für Verschublokomotiven eignet sich die Verbundanordnung überhaupt nicht, ebensowenig für Gebirgsstrecken mit stark wechselnden Neigungsverhältnissen, auch nur wenig für Personenlokomotiven mit häufigem Anhalten.

Nach Ermittlungen von Leitzmann beginnt der Nutzen der Verbundanordnung erst bei einem bestimmten Füllungsgrad und einer bestimmten Zuggeschwindigkeit oder Leistung.[1])

Nach Untersuchungen von Lochner[2]) an $^{3}/_{4}$-gek. Schnellzuglokomotiven übersteigt die Leistung der Verbundlokomotive die der Naßdampfzwillinglokomotive in erhöhtem Maße bei wechselnder Geschwindigkeit. Die Brennstoffersparnis nimmt in noch größerem Umfange mit der Geschwindigkeit zu, weil die Ausnutzung der Kohle infolge geringerer Anstrengung des Kessels und minderer Ablagerung von Lösche bei der Verbundlokomotive besser ist als bei der Zwillinglokomotive. Die Fahrgeschwindigkeit soll bei Schnellzugverbundlokomotiven auch auf Gebirgsstrecken tunlichst nie geringer als 40 km/st sein. Bei ungünstigen Streckenverhältnissen ist deshalb oft die Verwendung von Zwillinglokomotiven wirtschaftlicher, oder mindestens die Anordnung von Wechselvorrichtungen angezeigt, mittels deren einfache Verbundlokomotiven nach Bedarf in beiden Zylindern mit frischem Kesseldampf arbeiten können.

2. Verbundlokomotiven mit mehr als zwei Zylindern.

Sind von einer Verbundlokomotive besonders große Leistungen gefordert, dann werden die Abmessungen der Zylinder, insbesondere des Niederdruckzylinders, so mächtig ausfallen, daß das Unterbringen dieser Maschinenteile zwischen den Rahmen oder außen schwer durchführbar ist. Diese Erwägung führte zu einer Teilung zunächst des Niederdruckzylinders, sodann — in weiterer Entwicklung — beider Zylinder. Die Anwendung von drei oder vier Zylindern empfiehlt sich sohin bei sehr starken Verbundlokomotiven, insbesondere bei großen Schnellokomotiven für die jetzt üblichen höchsten Fahrgeschwindigkeiten von 100 km/st und darüber. Eigentlich verzichtete man aus Raumrücksichten schon bei weniger leistungsfähigen Verbundlokomotiven mit zwei Zylindern auf die Anwendung der theoretisch richtigsten Größe für den Niederdruckzylinder und begnügte sich mit einem Raumverhältnis der Hoch- und Niederdruckzylinder von 1:2,2 bis 1:2,3, während bei Volldruckspannungen von 11 bis 16 at das Verhältnis 1:3 bis 1:3,7 das theoretisch richtigste wäre[3]). Nach einem Beschluß des Technischen Ausschusses des

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1893 u. Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1906.
[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1894.
[3]) nach Brückmann.

Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen ist das praktisch zweckmäßigste Raumverhältnis der Zylinder bei mehr als zwei Zylindern 1:2,5 bis 1:3.

Allgemein wird bei Verbundlokomotiven der Hub des Hochdruck- und des Niederdruckkolbens gleich groß genommen, nur von Middelberg sind für die Niederländischen Staatsbahnen Verbundlokomotiven mit Zylindern gleichen Durchmessers, aber verschieden großen Hubs ausgeführt worden, — eine sonst nicht angewendete Bauart.

Bei Verbundlokomotiven mit mehr als zwei Zylindern, sei es nun, daß man zwei Paar Hoch- und Niederdruckzylinder oder zwei Hoch- und einen gemeinschaftlichen Niederdruckzylinder oder schließlich einen Hoch- und zwei Niederdruckzylinder anwendet, ist die Schwierigkeit des Anfahrens stets gemildert, weil entweder zwei unter 90° gegeneinander versetzte Hochdruckkurbeln oder drei unter 120° gegeneinander versetzte Kurbeln vorhanden sind. Ferner läßt sich bei der Anordnung von drei oder vier Zylindern ein weit vollkommenerer Ausgleich der hin und her gehenden Massen erzielen. Wenn auch hierdurch nicht ein vollkommen ruhiger Lauf der Lokomotive herbeigeführt werden kann, so ist doch ein guter Ausgleich der hin und her gehenden Massen erwünscht, insofern diese in sich ausgeglichen werden können, ohne Hinzuziehung neuer, sich drehender Ausgleichmassen.

Den Nachteil der größeren Abkühlungsfläche von drei oder vier Zylindern muß man mit in Kauf nehmen.

Auf der London- und North Western-Bahn ist anfangs der achtziger Jahre von Webb eine Verbundanordnung mit drei Zylindern eingeführt worden, bei der das außenliegende Hochdruckzylinderpaar auf die hintere, der innenliegende Niederdruckzylinder auf die vordere Triebachse arbeitet.[1]) Die beiden Triebachsen sind nicht miteinander gekuppelt. Die Anordnung hat alle Vorzüge der freien Triebachsen und gibt der Lokomotive große Beweglichkeit beim Durchfahren von Krümmungen, sie ist aber gleichwohl von Webb selbst später nicht mehr angewendet worden.

Bei den neueren sehr beliebten Dreizylinderlokomotiven der Jura-Simplon-Bahn sind umgekehrt ein innenliegender Hochdruckzylinder und zwei außenliegende Niederdruckzylinder angeordnet, um zu große Abmessungen des Niederdruckzylinders zu vermeiden[2]), ebenso bei neuen Lokomotiven der englischen Great Central-Bahn.[3]) Bei den Dreizylinderlokomotiven der Jura-Simplon-Bahn, wie bei den letztgenannten, wirkt der innenliegende Hochdruckzylinder auf die vordere, die beiden außenliegenden Niederdruckzylinder auf die hintere Triebachse. Die beiden Triebachsen sind gekuppelt, die Kurbeln stehen unter 120° gegeneinander.

Bei Vierzylinderlokomotiven werden entweder nach der in Deutschland wie in Frankreich verbreiteten Bauart de Glehn (Abb. 1) die Niederdruckzylinder innen vorne und die Hochdruckzylinder weiter zurück außen, oder nach der in Deutschland und Österreich-Ungarn mehrfach angewendeten Bauart v. Borries (Abb. 2) die Hochdruckzylinder innen und die Niederdruckzylinder außen angeordnet, und zwar alle in einer Reihe. Beide Anordnungen haben ihre Vor- und Nachteile für die Zugänglichkeit der Maschinenteile, den Schutz der großen Niederdruckzylinder gegen Ab-

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1895.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1899.

[3]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1907, Nr. 44.

kühlung und Beschädigung, die Verteilung der Massen, die Kürze der Dampfleitungen u. a., ohne daß deshalb endgültig zu entscheiden wäre, welche Anordnung im allgemeinen den Vorzug verdient. Bei der Bauart de Glehn arbeiten die Kolben der Niederdruckzylinder auf die vordere, die der Hochdruckzylinder auf die hintere Triebachse, bei der Bauart v. Borries wirken sämtliche Kolben auf die vordere Triebachse. In gleicher Weise wie nach v. Borries erfolgt auch der Antrieb bei der Vierzylinderlokomotive von Webb, bei der aber die Hochdruckzylinder außen und die Niederdruckzylinder innen liegen.

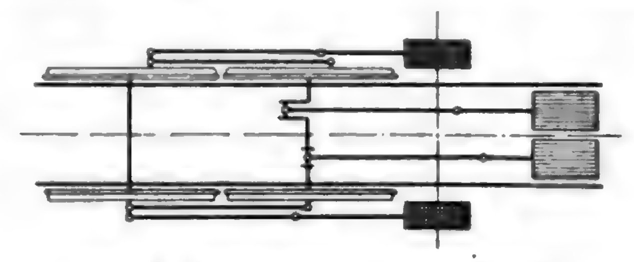


Abb. 1. Vierzylinderverbundlokomotive, Bauart de Glehn.

Durchweg werden bei Vierzylinderlokomotiven die Kurbeln der zusammengehörigen Hoch- und Niederdruckzylinder um 180°, die Kurbeln auf beiden Seiten der Lokomotive um 90° gegeneinander versetzt. Trotzdem wird zum besseren Druckausgleich ein Verbinder angeordnet, der sich bei getrennter Ausführung der Zylinder zwanglos einbauen läßt.

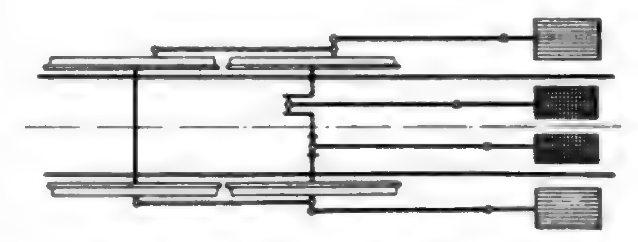


Abb. 2. Vierzylinderverbundlokomotive, Bauart v. Borries.

Von Breda in Mailand ist 1906 eine Bauart ausgeführt worden, bei der die beiden Hochdruckzylinder auf der einen, die beiden Niederdruckzylinder auf der anderen Seite der Lokomotive liegen. Dies ergibt eine sehr einfache Steuerung, indem je zwei Zylinder einen einzigen Schieber erhalten können.[1])

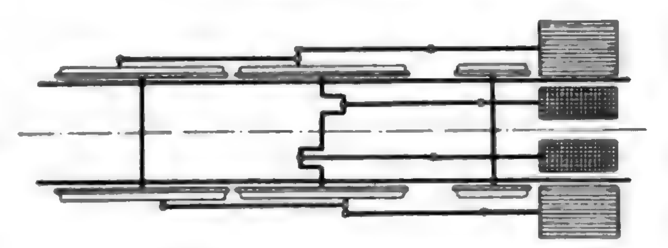


Abb. 3. Vierzylinderverbundlokomotive, Bauart Vauclain.

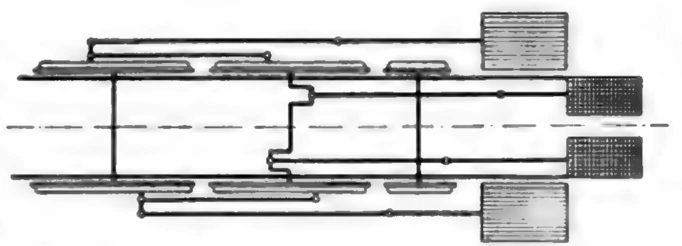


Abb. 4. Vierzylinderverbundlokomotive, Bauart Cole.

In Nordamerika ist für Vierzylinderlokomotiven die reine Woolfsche Bauart ohne Verbinder, bei einer Versetzung der zusammengehörigen Hoch- und Niederdruckkurbeln um 180° oder um 0° gegeneinander üblich. Die Kurbeln rechts und links der Lokomotive sind dann wieder um 90° gegeneinander versetzt.

[1]) vgl. Stockert, Bau und Einrichtung der Lokomotive, Wien 1907.

Die Zylinder werden bei diesen amerikanischen Anordnungen nach der älteren Bauart Vauclain übereinander, nach der neueren, namentlich für schnellfahrende Lokomotiven verwendeten Bauart Vauclain (Abb. 3) nebeneinander angeordnet. Für die ältere Bauart Vauclain wurde geltend gemacht, daß sie sich leicht aus einer vorhandenen Zwillinglokomotive herrichten ließe und daß man im Notfalle bei Beschädigung einer Maschinenseite mit der anderen weiterfahren könne. Das letztere ist aber bei allen Vierzylinderlokomotiven der Fall. Ein Nachteil der älteren Bauart Vauclain war die starke Beanspruchung und die demzufolge erforderliche sehr massige Ausführung des für beide Kolbenstangen gemeinsamen Kreuzkopfs, bei dem sich trotzdem häufig Brüche ereigneten. Bei der neueren Bauart Vauclain (Abb. 3) sind die Kurbeln je eines Zylinderpaares nach europäischem Muster um 180° gegeneinander versetzt.

Bemerkenswert ist die ebenfalls amerikanische Bauart Cole (Schenectady) (Abb. 4), bei der die Zylinder so gelegt sind, daß die Schieber für je ein Zylinderpaar auf eine gemeinsame Schieberstange gesetzt werden können.

Verbreitet ist ferner in Nordamerika die Bauart Player mit Tandemanordnung — der kleine Zylinder vorauf, je ein Zylinderpaar mit gemeinsamer Kolbenstange —, namentlich für schwere Güterlokomotiven.[1]) Auch ist, wie bei der Mexikanischen Zentralbahn von Johnstone, versucht worden, den Hochdruckzylinder in den Niederdruckzylinder hineinzusetzen, so daß der letztere eine ringförmige Gestalt und zwei Kolbenstangen erhält.[2]) Zwei Kolbenstangen für die Niederdruckzylinder von Vierzylinder-Tandemmaschinen sind auch bei der Französischen Nordbahn versucht worden[3]), um die mittlere schlecht zugängliche Stopfbüchse zu vermeiden und eine gedrängtere Anordnung in der Längenausdehnung der Maschinen zu erreichen.

3. Anfahr- und Wechselvorrichtungen.[4])

a) Zweck solcher Einrichtungen.

Das wichtigste Organ in dem Körper der Verbundlokomotive bilden die Anfahr- und Wechselvorrichtungen. Sie sind gewissermaßen das Herz der ganzen Maschine, und mit der Entwicklung zweckentsprechender Bauarten für diese Vorrichtungen ist die ganze Entwicklung der Verbundlokomotiven aufs engste verknüpft.

Es sind zu unterscheiden:

1. Anfahrvorrichtungen im engeren Sinne, welche nur die Bestimmung haben, bei ungünstiger Stellung der Kurbel des Hochdruckzylinders den Verbinder oder den einen Teil desselben bildenden Schieberkasten des Niederdruckzylinders mit frischem Kesseldampf zu versorgen, und

2. Wechselvorrichtungen, welche, außer der Ermöglichung des Anfahrens bei ungünstiger Stellung der Hochdruckkurbel, auch die Bestimmung haben, während der Fahrt auf der Strecke nach Bedarf, namentlich auf starken Steigungen, dem Niederdruckzylinder zur Erhöhung der

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1901.
[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1894.
[3]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1890.
[4]) Glasers Annalen 1897, Bd. 41, Heft 3.

Zugkraft der Lokomotive frischen Kesseldampf von ermäßigter Spannung zuzuführen, während gleichzeitig der Hochdruckzylinder besonderen Auspuff erhält, so daß es ermöglicht ist, die Lokomotive für beliebig lange Zeit auf Zwillingwirkung umzuschalten.

Die erste Verbundlokomotive von Mallet aus dem Jahre 1876 hatte eine Wechselvorrichtung.

Nach v. Borries[1]) sind vier verschiedene Gattungen von Anfahr- und Wechselvorrichtungen zu unterscheiden:

1. es wird lediglich der Verbinder mit Dampf von verminderter Spannung angefüllt: Bauart Gölsdorf, Lindner, Schäfer u. a. Dabei kann die Rückwirkung des Dampfes auf den Hochdruckkolben durch eine Ausgleichvorrichtung am Hochdruckschieber verhindert werden;

2. der Verbinder wird von dem Ausströmkanal des Hochdruckzylinders zunächst abgesperrt und nur die Niederdruckseite erhält frischen Dampf von verminderter Spannung, während nach der Ingangsetzung der Lokomotive selbsttätige Umschaltung auf Verbundwirkung erfolgt: Bauart v. Borries-Worsdell, Schichau, Schenectady-Werke u. a.;

3. die Einrichtung erfolgt nach 2., aber es ist eine Hilfsausströmung aus dem Hochdruckzylinder vorgesehen, so daß in Notfällen frischer Dampf in beide Zylinder eingelassen werden und die Lokomotive zeitweise als vollständige Zwillingmaschine arbeiten kann;

4. es ist eine vollständige Wechselvorrichtung vorhanden, welche dem Lokomotivführer gestattet, unterwegs nach Belieben mit Zwilling- oder mit Verbundwirkung zu fahren.

Eine vollkommene Zwillingwirkung tritt nur ein, wenn der aus dem Hochdruckzylinder austretende Dampf zum Schornstein statt zum Verbinder geführt wird. Bei den Anfahrvorrichtungen nach 1., bei denen nur der Verbinder frischen Kesseldampf erhält, ohne daß an der Ausströmung des Hochdruckzylinders etwas geändert wird, tritt eine eigentliche Zwillingwirkung nicht ein. Die betreffenden Einrichtungen zeichnen sich aber durch Einfachheit aus und genügen in vielen Fällen.

Um stoßfreies, schnelles und sicheres Anfahren zu erreichen, werden verschiedene Einrichtungen angewendet zur Vermeidung von Rückdruck gegen den Kolben des Hochdruckzylinders vom Verbinder aus, am einfachsten in der Art, daß der frische Dampf von der einen zur anderen Kolbenseite hinübergeleitet wird.

b) Anfahrvorrichtungen.

α) Anfahreinrichtung von Gölsdorf.

Die einfachste, ganz selbsttätig beim Auslegen der Steuerung in Wirksamkeit tretende Anfahreinrichtung für Verbundlokomotiven ist die von Gölsdorf (Abb. 5).[2]) Die Einrichtung besteht darin, daß frischer Kesseldampf in den Schieberkasten des Niederdruckzylinders durch zwei kleine Öffnungen im Schieberspiegel eingelassen wird, die so angeordnet sind, daß sie beim Anfahren mit ganz ausgelegter Steuerung während fast des ganzen Kolbenhubes geöffnet bleiben. Es läßt sich dies unter Anwendung hinreichend großer Schieberwege, namentlich bei der Heusinger-

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1895.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1894.

(Walschaert-) Steuerung leicht erreichen. Für Vollbahnlokomotiven normaler Leistung erhalten die Öffnungen einen Querschnitt von etwa 4 qcm. Bei geschlossenem Hochdruckschieber wird dann die Dampfspannung im Verbinder rasch derart gesteigert, daß das Anfahren schnell und sicher erfolgen kann. Der Rückdruck auf den Hochdruckkolben vom Verbinder aus wird bei schnellfahrenden Lokomotiven mittels einer Umleitung des Dampfes durch die Schiebermuschel des Hochdruckzylinders hindurch vermieden.

Bedingung für die Verwendbarkeit der Gölsdorfschen Anfahreinrichtung ist ein großer Schieberhub, der große Schieberspiegel und große Schieber erfordert und dadurch auch während der Fahrt bei kleineren Füllungen stets stärkere Schieberreibung veranlaßt. Ferner muß die Anordnung so getroffen werden, daß die Hilfsöffnungen für den Frischdampf

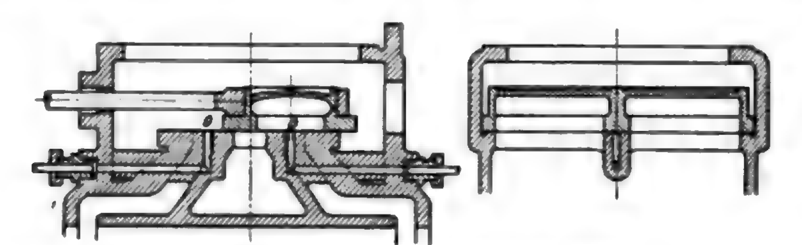


Abb. 5. Anfahreinrichtung von Gölsdorf.

im Schieberspiegel des Niederdruckzylinders bis zu einer gewissen, der normalen Höchstleistung der Lokomotive entsprechenden Füllung geschlossen bleiben. Sonst würde durch den in den Verbinder gelangenden frischen Dampf während der Fahrt Rückdruck gegen den Kolben des Hochdruckzylinders und Steigerung des Kolbendrucks im Niederdruckzylinder erfolgen, so daß ungleichmäßiges Arbeiten in beiden Zylindern entstände. Von Gölsdorf ist diese höchste Füllung zu 50 v. H. angenommen worden. Es muß also bei dieser Füllung die höchste normale Leistung während der Fahrt stattfinden. Hierdurch werden große Zylinder bedingt, die sich für Gebirgsstrecken mit anhaltenden starken Steigungen mehr eignen als für Flachlandstrecken mit einzelnen stärkeren Steigungen. Im letzteren Falle sind sonst kleinere Zylinder und vorübergehende Anwendung etwas stärkerer Füllungen vorzuziehen. Sind nun vielleicht, mit Rücksicht auf die Bauart der Lokomotiven und die verlangte hohe Zugkraft, Zylinder der erforderlichen Größe schon schwer unterzubringen, so kann deren weitere Vergrößerung mit Rücksicht auf die Gölsdorfsche Anfahreinrichtung auf Schwierigkeiten stoßen. Eine größere Anzugkraft als volle Verbundwirkung kann mit dieser Einrichtung, ebenso wie mit allen anderen Anfahreinrichtungen im engeren Sinne des Wortes, nicht erreicht werden

Trotzdem erfreut sich die Gölsdorfsche Anfahreinrichtung bis in die neueste Zeit hinein häufiger Anwendung, auch allenthalben im Auslande außerhalb Österreichs, infolge von drei großen Vorzügen, die ihr eigen sind. Das ist: 1. ihre unübertreffliche, für Bau, Betrieb und Unterhaltung gleich wertvolle Einfachheit, 2. ihre unbedingte Zuverlässigkeit und Sicherheit, 3. die Eigenschaft, daß sie keine Teile enthält, die dem Dampf bei der Fahrt mit Verbundwirkung ein Hindernis entgegensetzen könnten.

Digitized by Google

β) **Anfahrvorrichtungen von Lindner[1], Schäfer[2] und Krauss.**

Am nächsten verwandt mit der Gölsdorfschen Einrichtung ist in bezug auf Einfachheit und Zuverlässigkeit die ebenfalls sehr erfolgreiche Anfahrvorrichtung von Lindner und die von Schäfer, sowie die davon abgeleiteten Einrichtungen.

Die ältere und einfachste Lindnersche Einrichtung (Abb. 6) besteht in einem mit der Steuerstange zwangläufig gekuppelten Hahn mit zwei kreuzweise gegeneinander stehenden Bohrungen, durch deren eine bei ganz nach vorn ausgelegter Steuerung frischer Dampf zum Verbinder gelangt, während das gleiche durch die andere Bohrung bei nach rückwärts ausgelegter

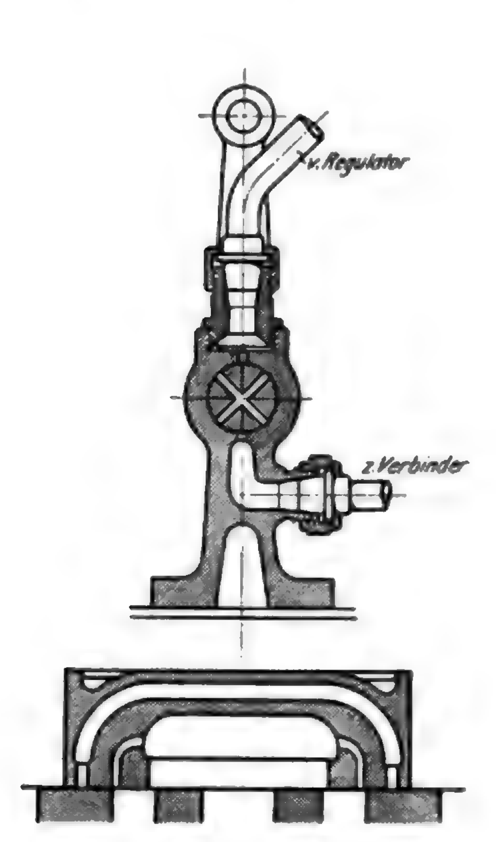


Abb. 6. Ältere Anfahrvorrichtung von Lindner.

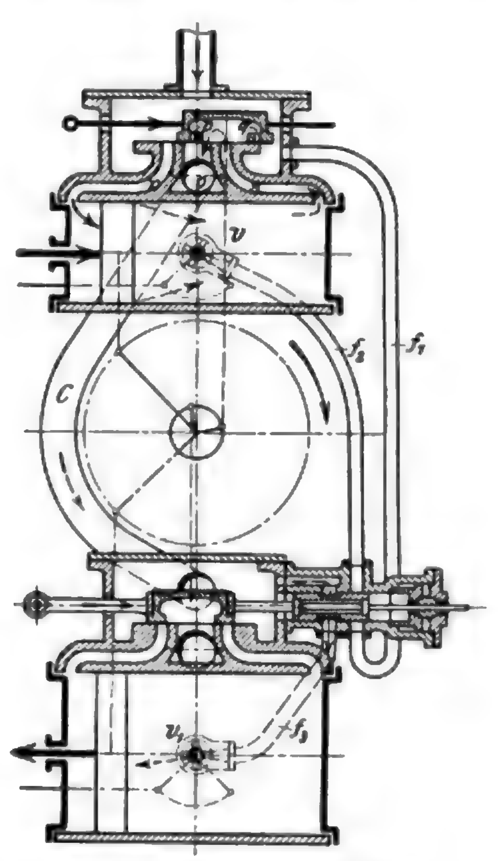


Abb. 7. Neuere Anfahrvorrichtung von Lindner.

Steuerung stattfindet. Gegendruck auf den Hochdruckkolben wird durch kleine Öffnungen in den inneren Überlappungen der Schiebermuschel vermieden, die den Dampf ähnlich wie der von Gölsdorf für schnellfahrende Lokomotiven verwendete Kanal auf die andere Kolbenseite leiten. Diese Entlastungsöffnungen sind so eng, daß sie nur beim Anziehen aus dem Stillstand wirken, während ihr Einfluß auf die Dampfverteilung auch bei langsamer Fahrt aus den Indikatorschaulinien nicht nachweisbar ist. Überdies wird die geringe während der Fahrt übertretende Dampfmenge im Niederdruckzylinder noch verwertet.

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1888, Ergänzungsbd. u. 1898, Heft 10.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1895, Heft 11 und Glasers Annalen 1897, Bd. 41, Heft 3.

Diese Einrichtung genügt, um Gegendruck gegen den Hochdruckkolben zu vermeiden, für den Fall, daß das Anziehen lediglich durch den Niederdruckzylinder erfolgt. Ist indessen die Stellung der Kolben und Schieber so, daß auch der Hochdruckzylinder beim Anziehen frischen Dampf erhält, so kommen die Entlastungsöffnungen im Hochdruckschieber nicht zur Geltung. Lindner hat deshalb später noch einen Hilfsschieber zwischen den Niederdruckschieber und den die Einströmungsöffnung für den Hilfsdampf enthaltenden Deckel des Schieberkastens gebracht, um die Einströmung des frischen Dampfes in den Schieberkasten des Nieder-

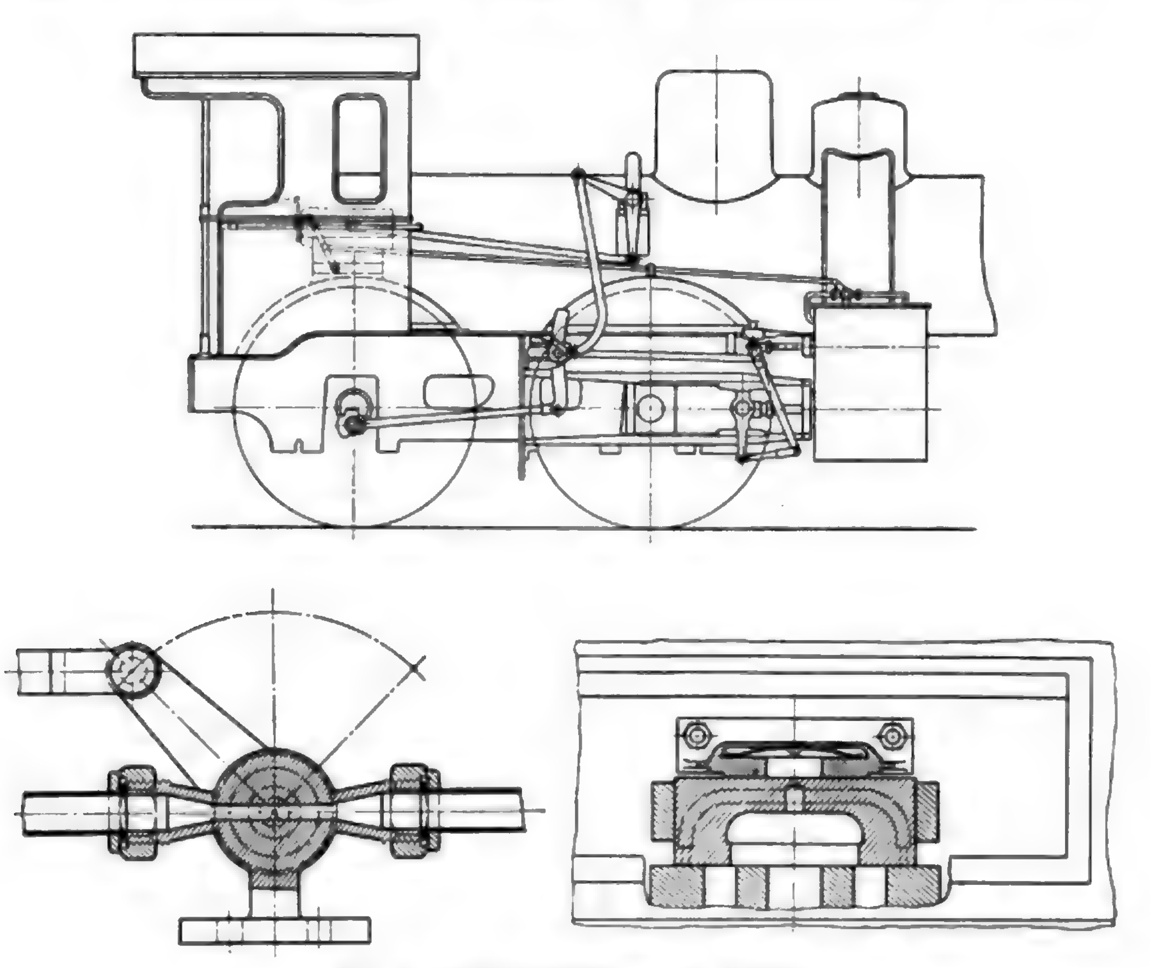


Abb. 8. Anfahrvorrichtung von Schäfer.

druckzylinders und damit in den Verbinder zu regeln und den Hilfsdampf bei entsprechenden Stellungen der Kurbeln und Schieber vom Schieberkasten des Niederdruckzylinders abzusperren.

Zum Anziehen straff gekuppelter Züge auf Steigungen genügt diese Einrichtung auch noch nicht vollständig. Für diesen Zweck hat Lindner den Hilfsschieber durch einen auf der Schieberstange des Niederdruckzylinders sitzenden Steuerkolben (Abb. 7) ersetzt und an Stelle des einen Anlaßhahns deren zwei verwendet, die den Hilfsdampf durch Vermittlung des Steuerkolbens je nach der Kurbelstellung in die Mitte des Hochdruckzylinders oder des Niederdruckzylinders leiten. Der durch Undichtheiten des Hochdruckschiebers oder -kolbens in den Verbinder gelangende Dampf wird durch den Steuerkolben ebenfalls zum Niederdruckzylinder geführt. Durch

Digitized by Google

f_1 geht der frische Dampf zum Steuerkolben, durch f_2 von dort zum Hochdruckzylinder und durch f_3 vom Verbinder zum Niederdruckzylinder. Die Entlastungsbohrungen im Hochdruckschieber zum Übertritt des Dampfes auf die andere Kolbenseite sind beibehalten.

Während die Gölsdorfsche und die Lindnersche Einrichtung stets selbsttätig in Wirkung treten, sobald die Steuerung weit genug ausgelegt wird, ist dies bei der Schäferschen nicht der Fall. Diese besteht vielmehr in einem von der Steuerung unabhängigen Hilfshahn, der beim Anfahren vom Lokomotivführer geöffnet wird, wenn derselbe mittels eines an den Verbinder angeschlossenen Manometers erkennt, daß in diesem kein Druck vorhanden ist (Abb. 8). Nach Öffnung des Hilfshahns strömt der frische Dampf durch ein Rohr von 25 mm Durchmesser und 490 qmm Querschnitt in den Verbinder. Gleich nach Ingangsetzung der Lokomotive wird der Hilfshahn wieder durch den Lokomotivführer geschlossen. In dem Hochdruckschieber sind wieder die schon mehrfach erwähnten Entlastungsöffnungen angebracht (vgl. d. Abb.).

Durch Anordnung einer als Hilfsschieber wirkenden Platte auf dem Rücken des mit einer schlitzförmigen Öffnung versehenen Hochdruckschiebers ist indessen bewirkt, daß der frische Dampf ohne Benutzung des Hilfshahns in den Austrittkanal des Hochdruckzylinders und von dort in den Verbinder gelangen kann, sofern die Hochdruckkurbel nicht zu nahe am toten Punkt steht. Für diesen Fall ist also doch eine selbsttätige Anfahrvorrichtung geschaffen.

Die Kraussche Anfahrvorrichtung besteht aus einem besonders gesteuerten Anfahrschieber, der schon etwas geöffnet ist, wenn der Schieber des Hochdruckzylinders bei ganz ausgelegter Steuerung gerade schließt, und aus einem mit der Hauptsteuerung zwangläufig verbundenen Hilfshahn, durch den bei ausgelegter Steuerung frischer Dampf zum Anfahrschieber gelangt. Der am Hochdruckzylinder angebrachte Hilfsschieber läßt den frischen Dampf bei geöffnetem Hilfshahn in die Ausströmung des Hochdruckzylinders und dadurch in den Verbinder eintreten, aber nur bei den Stellungen des Niederdruckkolbens, in denen dieser imstande ist, ein erhebliches Drehmoment auf die Triebachse auszuüben. Bei allen anderen Stellungen des Niederdruckkolbens bleibt die Einströmung des frischen Dampfes in den Verbinder durch den Hilfsschieber unterbrochen, damit Rückdruck auf den Hochdruckkolben vermieden wird. Der Hilfsschieber wird entweder vom Kreuzkopf oder von der Schwinge der Heusingersteuerung auf der Hochdruckseite angetrieben und wird dementsprechend in verschiedener Form ausgeführt. Die Kraussche Anfahrvorrichtung ist schon durch Patent vom November 1889 geschützt gewesen und war die erste, bei der die Unterbrechung der Zuströmung des frischen Dampfes zum Verbinder durch einen mit dem Triebwerk zwangläufig verbundenen und durch dieses in ständiger Bewegung erhaltenen Maschinenteil erfolgte.

γ) Selbsttätige Anfahrvorrichtung nach v. Borries.

Eine gut durchgebildete und erprobte, namentlich bei der Preußischen Staatsbahnverwaltung viel verwendete Bauart hat die unter Gruppe 2 der früher angegebenen Einteilung fallende selbsttätige Anfahrvorrichtung nach v. Borries, deren letzte Ausführung in Abb. 9 dargestellt ist. Diese

Form hat sich allmählich herausgebildet und ist aus dem Bestreben entstanden, möglichst sanfte, stoßfreie Bewegungen des bei der früheren einfacheren Ausführung leicht Brüchen ausgesetzten Umschaltventils herbeizuführen und den Durchtritt des Dampfes bei Verbundstellung möglichst wenig zu behindern. Die Einrichtung läßt sich auch durch Anfügung einer zwangläufigen Steuerung an das Umschaltventil zur Wechselvorrichtung ausbilden. Die Arbeitsweise der Anfahrvorrichtung ist folgende: Der frische Kesseldampf tritt nach Öffnung des Reglers bei *e* ein, drückt auf die ringförmige Fläche des verstärkten Teiles der Ventilstange *d* und bewirkt dadurch Schluß des Umschaltventils *c*, welches die Zufuhr des durch die freiwerdenden Öffnungen *f* austretenden Dampfes zu dem Auspuff des Hochdruckzylinders verhindert. Der frische Hilfsdampf gelangt also nur zum Niederdruckzylinder. Nach Einleitung der Bewegung der Lokomotive kommt der unmittelbar vom Regler zum Hochdruckzylinder gelangende Dampf in dessen Auspuff und strömt durch *n* an dem mit dem Ventil *c* auf gleicher Stange sitzenden Tellerventil *h* vorbei und, an diesem saugend, zum Schornstein. Die Spannung des Auspuffdampfes des Hochdruckzylinders in *a* wächst allmählich, die Spannung des nur durch die engen Öffnungen *f* zuströmenden Hilfsdampfes in *b* nimmt dagegen bei wachsender Geschwindigkeit des Niederdruckkolbens schnell ab, so daß das Ventil *c* bald durch den Überdruck in *a* geöffnet wird. Der an *h* noch vorbeiströmende Auspuffdampf schließt das letztere Ventil vollständig, so daß der unmittelbare Auspuff des Hochdruckzylinders aufhört und das Ventil *c* so weit zurückgezogen bleibt, daß es dem vom Hochdruckzylinder zum Verbinder strömenden Dampf keinen erheblichen Durchgangswiderstand bietet. Der Zufluß frischen Dampfes durch *e* und *f* wird gleichzeitig durch den verstärkten Teil der Ventilstange *d* abgesperrt.

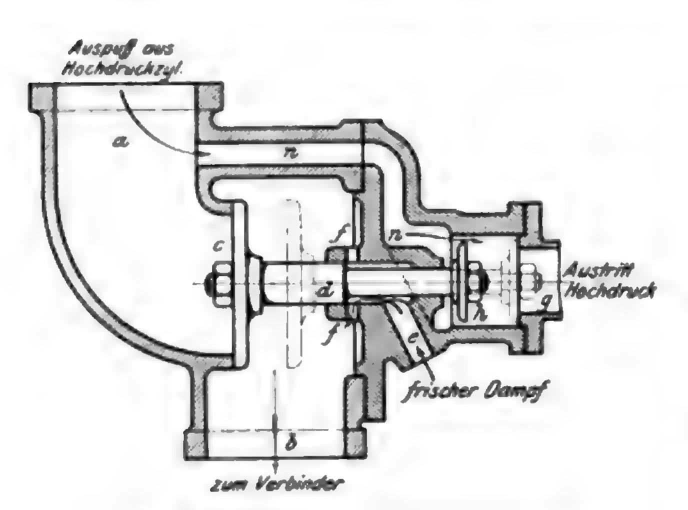


Abb. 9. Selbsttätige Anfahrvorrichtung nach v. Borries.

Die v. Borriessche Anfahrvorrichtung tritt also ohne weiteres selbsttätig in Wirksamkeit, wenn der Regler geöffnet wird, ohne daß es der Betätigung eines besonderen Hebels, Ventils oder Hahns bedarf, wenn nur nach kurzem vorhergehendem Schließen des Reglers die Austrittspannung des Dampfes im Hochdruckzylinder entsprechend gesunken ist. Während der Fahrt unter Dampf bleibt die Vorrichtung vollständig ausgeschaltet. Gegendruck auf den Hochdruckkolben tritt merklich nur kurz vor dem Umschalten in Verbundwirkung auf. Dann erfolgt aber auch alsbald die Öffnung des Umschaltventils und damit die Herstellung der Verbundwirkung. Im übrigen verschwindet während des langsamen Anfahrens mit

Digitized by Google

Zwillingwirkung die Spannung des den Hochdruckzylinder verlassenden Dampfes nach jedem Auspuff alsbald wieder, wenn der Hochdruckkolben den Rücklauf beginnt.

δ) Anfahrvorrichtung von Player.

Die Playersche Anfahrvorrichtung[1]) (Abb. 10a und b) hat gleiche Arbeitsweise wie die v. Borriessche, ist aber erheblich vielteiliger.

Diese Vorrichtung ist ebenfalls in der Rauchkammer angebracht und steht bei J mit dem Haupteinströmungsrohr, bei D_1 und D_2 mit dem Zwischenbehälter und dem Niederdruckzylinder in Verbindung. Beim

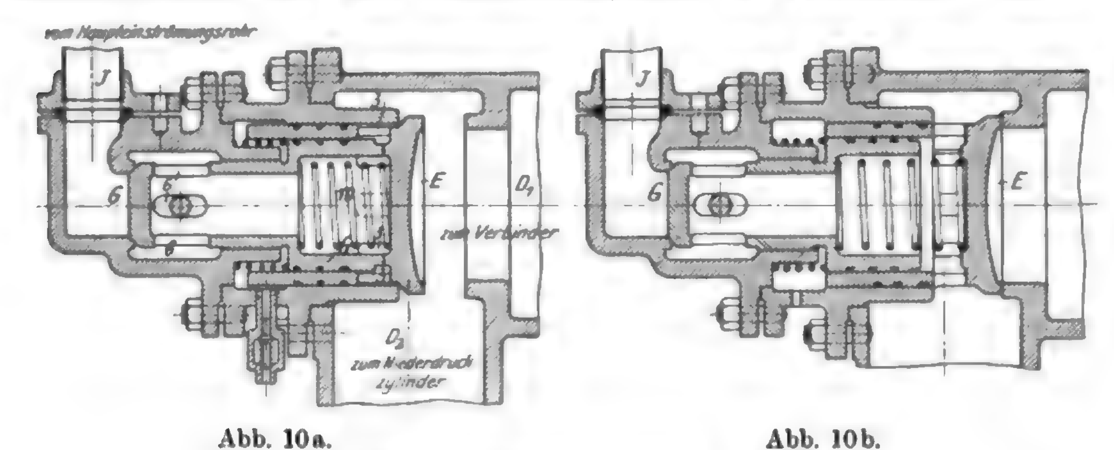


Abb. 10a. Abb. 10b.
Playersche Anfahrvorrichtung
in Verbundschaltung. in Zwillingschaltung.

Öffnen des Reglers drückt der frische Dampf das Ventil G auf, schließt E und strömt durch 6, 10, 3 zum Niederdruckzylinder, bis die Spannung bei D_2 so groß geworden ist, daß der Rückdruck auf die Ringfläche G^3 das Ventil G wieder schließt (Abb. 10b). G und G^3 wirken als Druckminderungsvorrichtung. Nach dem Anfahren drückt die Verbinderspannung das Ventil E auf, welches wieder ganz in die Stellung 3 zurückgeht.

ε) Anfahrvorrichtungen der Rhode-Island-Bauanstalt[2]) und der Rogers-Lokomotivwerke (Reuben Wells).[3])

Die erstgenannte Vorrichtung wird durch einen Drehschieber, der vom Führerstand aus geöffnet wird, auf Zwillingwirkung gestellt und hat freien Auspuff für den Hochdruckzylinder und ein Druckverminderungsventil. Nach Schluß des Drehschiebers erfolgt selbsttätige Schaltung auf Verbundwirkung durch den wechselnden Druck des den Hochdruckzylinder verlassenden Dampfes.

Bei der zweitgenannten Vorrichtung wird eine Klappe zwischen dem Verbinder und dem Niederdruckzylinder durch einen Dampfkolben geschlossen und vom Verbinder aus wieder durch wachsenden Druck geöffnet.

ζ) Anfahrvorrichtung Bauart Schichau.

In die gleiche Gruppe, wie die zuletzt aufgeführten, gehört die Anfahrvorrichtung Bauart Schichau (Abb. 11). Bei dieser erfolgt die Umschaltung von Zwilling- auf Verbundwirkung und umgekehrt durch einen Flach-

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1893, Heft 5 (n. Railroad Gazette v. Nov. 1892).
[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1894, Heft 2.
[3]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1893, Heft 6 (n. Railroad Gazette v. März 1893).

Digitized by Google

schieber, der durch zwei Kolben, einen kleineren und einen größeren, gesteuert wird. Der kleine Kolben, links in der Abbildung, erhält frischen Dampf beim Öffnen des Reglers und bewegt dann den Verteilungsschieber nach rechts, der größere Kolben, rechts in der Abbildung, erhält Druck vom Verbinder aus und bewegt den Schieber zurück in die Verbundstellung, wenn der Druck im Verbinder hinreichend gestiegen ist.

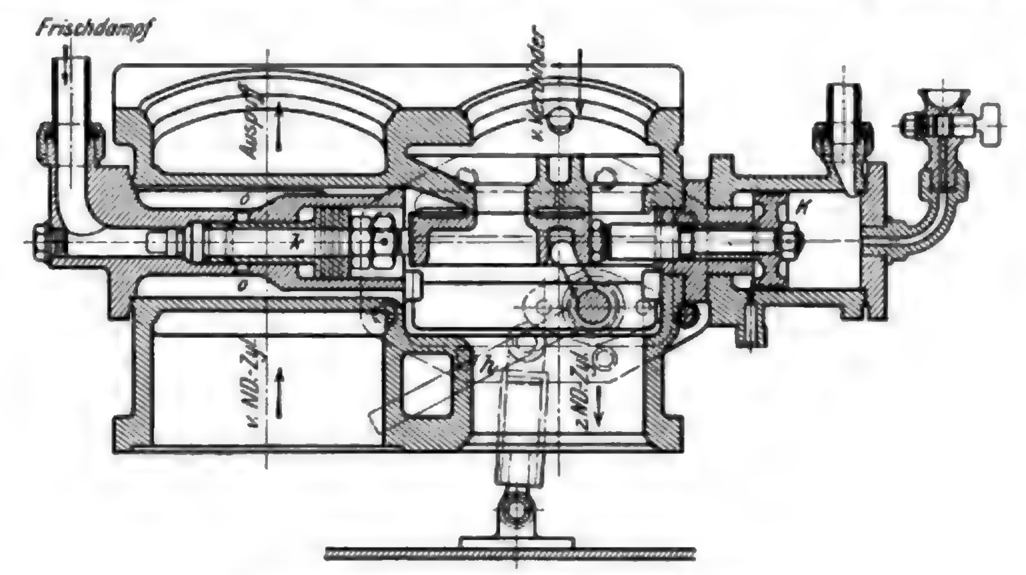


Abb. 11. Anfahrvorrichtung Bauart Schichau.

Ein Luftpuffer mildert die Stöße. Die Vorrichtung kann auch von Hand bewegt werden im Falle des Versagens der Umstellung durch den Dampfdruck. Die Schichausche Vorrichtung arbeitet ohne starke Stöße, sie teilt aber mit den vorher beschriebenen den Nachteil, daß ihre Wirkung durch Undichtheiten ihrer bewegten Teile beeinträchtigt werden kann, infolge des dann auftretenden Gegendrucks auf den Kolben des Hochdruckzylinders vom Verbinder her.

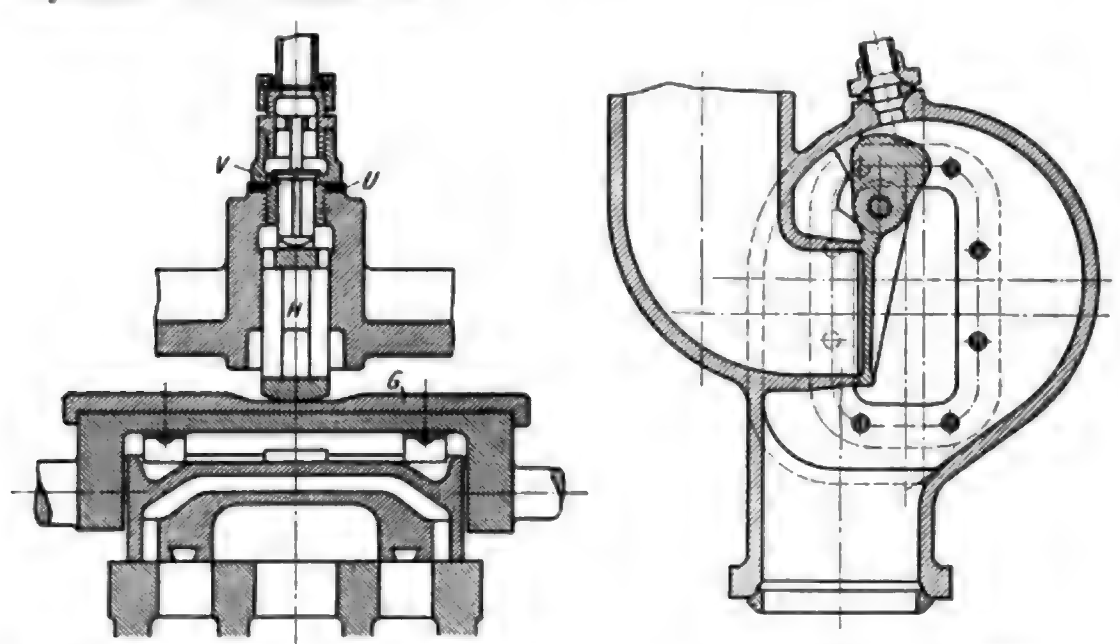


Abb. 12. Anfahrvorrichtung von Brüggemann.

Abb. 13. Bütesche Klappe.

η) Anfahrvorrichtungen von Brüggemann und Büte.

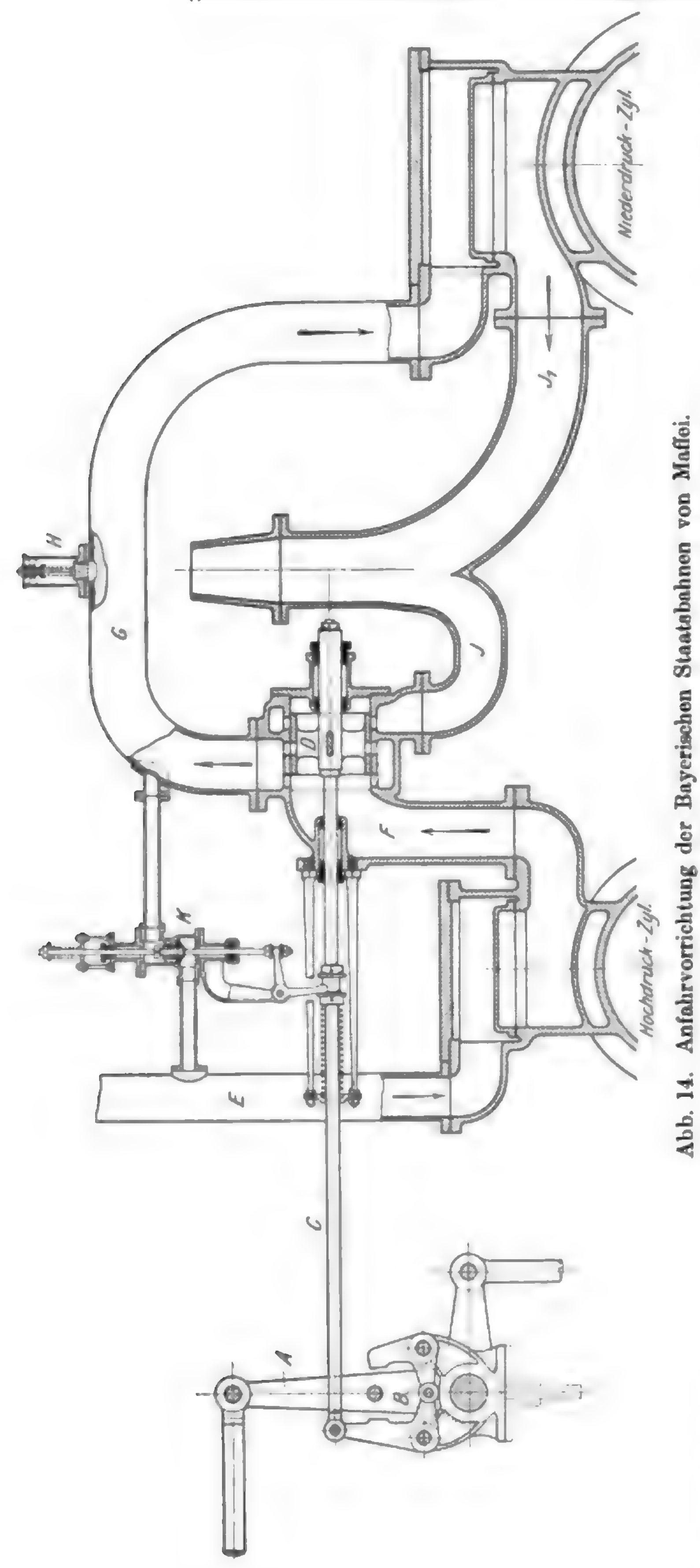


Abb. 14. Anfahrvorrichtung der Bayerischen Staatsbahnen von Maffei.

Von Brüggemann ist eine einfache, ganz selbsttätig wirkende Einrichtung (Abb. 12) angegeben worden, die darin besteht, daß bei weit ausgelegter Steuerung durch schräge, auf dem Rücken des Niederdruckschiebers angebrachte Gleitflächen ein auf dem Deckel des betreffenden Schieberkastens angebrachtes, unter Dampfdruck stehendes Ventil gehoben wird. Eine in den Verbinder eingebaute Rückschlagklappe (Bütesche Klappe, Abb. 13) verhindert den Gegendruck auf den Kolben des Hochdruckzylinders. Diese ausbalancierte selbsttätige Rückschlagklappe, die nach Abstellung des Hilfsdampfs wieder durch den Verbinderdruck geöffnet wird, ist auch zusammen mit einem einfachen, vom Führerstande aus zu bedienenden Dampfhahn, ohne die beschriebene Brüggemannsche selbsttätige Anfahrvorrichtung, verwendet worden.

Die bayerische Staatseisenbahnverwaltung verwendet eine den später zu besprechenden Wechselvorrichtungen ähnliche Einrichtung mit Handstellung zum Anfahren, bei der aber

durch Zurücknehmen der Steuerung selbsttätig wieder Verbundstellung eintritt (Abb. 14).

Eine andere einfache Anordnung der bayerischen Staatsbahnen zeigt Abb. 15. Ein mit der Steuerung zwangläufig verbundener Drehschieber läßt bei einer Füllung des Hochdruckzylinders von mehr als 70 v. H. frischen Dampf in den Verbinder gelangen. An jedem Niederdruckzylinder sind ferner zur Vergrößerung der Füllung desselben zwei Ventile angebracht, welche, ebenso wie der erwähnte Drehschieber, zwangläufig mit der Steuerung verbunden sind.

ϑ) Anfahrvorrichtung der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G.

Die Vierzylinderlokomotiven der Bauart v. Borries sind, sofern sie keinen Wechseldrehschieber haben, mit einer einfachen Anfahrvorrichtung versehen, die in einem Schlitz im kleinen Reglerschieber besteht. Dieser Schlitz kommt beim Öffnen des kleinen Reglerschiebers mit einem entsprechenden Schlitz im großen Reglerschieber und im Schieberspiegel des Reglers zusammen, so daß durch ihn mittels eines besonderen Dampfrohrs frischer Dampf zu den Niederdruckzylindern geschickt werden kann. Um den Rückdruck auf den Hochdruckkolben unschädlich zu machen, wird von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. in die Hilfsdampfleitung ein Rückschlagventil (Abb. 16) eingebaut. Durch dieses gelangt der frische Dampf in die Mitte des Hochdruckzylinders und tritt auf diese Weise auch dann noch treibend vor den Hochdruckkolben, wenn der Verteilungsschieber den Einströmungskanal schon geschlossen hat, was bei einem Kolbenlauf von etwa 70 v. H. der Fall ist.

c) Wechselvorrichtungen.

α) Vor- und Nachteile.

Die aufgeführten Anfahrvorrichtungen sind sämtlich im Betriebe bewährt, aber alle selbsttätigen Anfahrvorrichtungen haben gleichmäßig den ihnen von Natur aus anhaftenden Mangel, daß sie nicht gestatten, bei vorübergehendem Erfordernis höherer Leistungen auf der Strecke nach Bedarf mit Zwillingwirkung zu fahren. Sie erfüllen demnach alle keinen anderen Zweck, als den, die Lokomotive bei ungünstiger Stellung der Hochdruckkurbel in Gang bringen zu können. Eine nur mit einer solchen Vorrichtung versehene Lokomotive kann auf der Strecke nur mit Verbundwirkung fahren und kann demnach ihre Leistung nur bis zur größtmöglichen Füllung des Hochdruckzylinders steigern. Die gesamte auf den Niederdruckzylinder bezogene Füllung beträgt nun beispielsweise bei einer größten Füllung des Hochdruckzylinders von 80 v. H. und einem Verhältnis der Inhalte der beiden Zylinder von 1:2,2 nur 36 v. H., während eine entsprechende Zwillinglokomotive bei gleichen Steuerungsverhältnissen mit einer Füllung von 80 v. H. in beiden Zylindern fahren könnte. Die Zylinderquerschnitte einer Verbundlokomotive so groß zu nehmen, daß diese, zur Entwicklung vorübergehend erforderter größerer Zugkraft in Verbundschaltung, einer Zwillinglokomotive von gleicher normaler Leistung ebenbürtig wäre, empfiehlt sich aber nicht, da sonst die Dampfwirkung bei normaler Leistung zu ungünstig würde.

Die Arbeitsdiagramme der Hoch- und Niederdruckzylinder einer Verbundmaschine ergänzen sich bekanntlich, infolge des vom Verbinder her wirkenden Rückdrucks auf den Hochdruckkolben, zu einem einzigen

Digitized by Google

Arbeitsdiagramm des Niederdruckzylinders mit der auf diesen bezogenen Gesamtfüllung. Die größte mögliche Gesamtfüllung ist aber durch das Verhältnis der Zylinderinhalte festgelegt und begrenzt.

Bei dem geringsten anwendbaren Füllungsgrad beträgt die Zugkraft einer Verbundlokomotive etwa 50 v. H., bei einer Zwillinglokomotive etwa

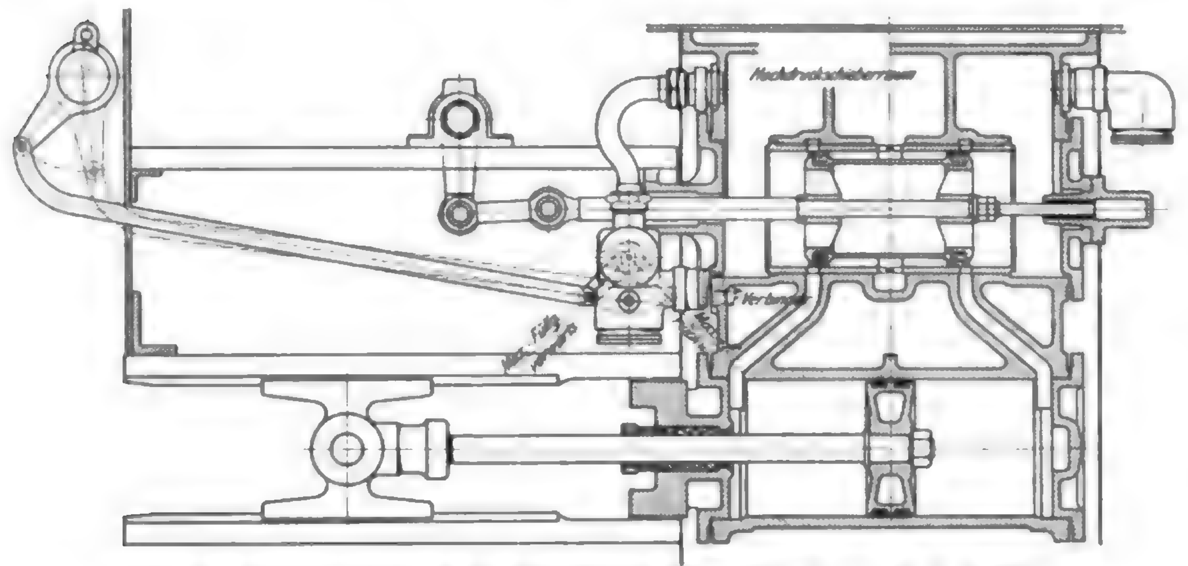


Abb. 15. Anfahrvorrichtung der Bayerischen Staatsbahnen von J. A. Maffei.

25 v. H. der größten Zugkraft. Sind die Dampfzylinder so bemessen, daß eine Verbundlokomotive bei der durchschnittlichen Leistung mit 40 v. H. Füllung im Hochdruckzylinder fährt, während eine Zwillinglokomotive bei gleicher Anstrengung 25 v. H. Füllung hat, so ergibt sich die größte Zugkraft für die Verbundlokomotive nur gleich dem 1,5fachen, für die Zwillinglokomotive dagegen gleich dem Doppelten der durchschnittlichen Zugkraft.[1])

Eine Steigerung der Zugkraft einer Verbundlokomotive während der Fahrt auf der Strecke, über die Verbundwirkung bei größtmöglicher Füllung des Hochdruckzylinders hinaus, läßt sich nur dann herbeiführen, wenn es dem Lokomotivführer ermöglicht ist, die Maschine unterwegs nach Belieben auf Zwillingwirkung zu schalten, so daß Hoch- und Niederdruckzylinder dauernd frischen Kesseldampf erhalten und dabei der Hochdruckzylinder freien Auspuff bekommt. Die Spannung des in den Niederdruckzylinder ge-

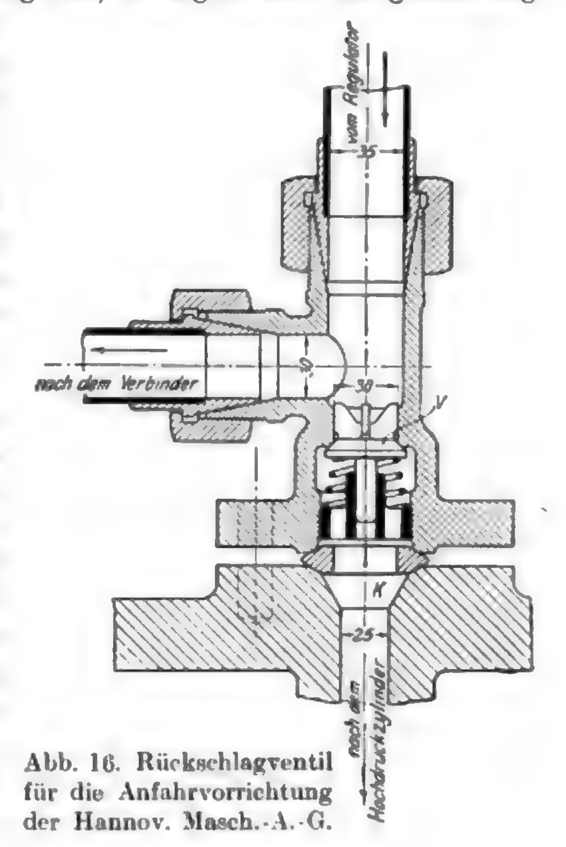


Abb. 16. Rückschlagventil für die Anfahrvorrichtung der Hannov. Masch.-A.-G.

[1]) vgl. Glasers Annalen 1896, Bd. 38, Heft 8.

langenden frischen Dampfes muß dann entsprechend verringert werden, damit die durchschnittlichen Kolbendrucke und die Arbeitsleistungen in beiden Zylindern nicht zu stark voneinander verschieden werden und damit eine übermäßige Inanspruchnahme der Triebwerkteile des Niederdruckzylinders vermieden wird. Es kann alsdann den beiden Zylindern eine Füllung von etwa 80 v. H. oder auch darüber hinaus, je nach den besonderen Steuerungsverhältnissen, gegeben werden und die Verbundlokomotive kann die größte Zugkraft einer Zwillinglokomotive von gleicher normaler Leistung erhalten.

Die zur beliebig lange dauernden Herstellung der Zwillingwirkung bestimmten Wechselvorrichtungen werden sämtlich auch zur Ingangsetzung der Verbundlokomotiven benutzt. Die Steuerung der Wechselvorrichtungen erfolgt entweder durch Dampf oder von Hand mittels Hebeln und Zugstangen. Die Anordnung wird auch, wie bei der Wechselvorrichtung der Schenectady-Werke (Pitkin und Sague), so getroffen, daß die Wechselvorrichtung durch Abstellung des Steuerdampfes in eine nur noch als solche wirkende selbsttätige Anfahrvorrichtung umgewandelt werden kann. Die beim Anfahren allmählich wachsende Verbinderspannung bewirkt dann den selbsttätigen Schluß des Umschaltventils.

Vom Jahre 1895 an ist bei den Lokomotiven der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung auf die selbsttätige Wirkung der Anfahrvorrichtungen verzichtet worden. Es sind dann, zur Ermöglichung der Steigerung der Leistung während der Fahrt und zur Sicherung stoßfreien und zuverlässigen Anziehens, ohne Gefahr von Brüchen in den Anfahrvorrichtungen, zunächst nur mehr Wechselvorrichtungen beschafft worden. Hierdurch wurde die Anordnung eines besonderen Handgriffs auf der Lokomotive zur Bedienung der Wechselvorrichtung erforderlich.

Ein Mangel haftet allen Wechselvorrichtungen im Gegensatz zu richtig gebauten selbsttätigen Anfahrvorrichtungen an, das ist der Übelstand, daß sie bei der doch überwiegend vorkommenden Schaltung auf Verbundwirkung den Durchgang des durch den Verbinder strömenden Dampfes mehr oder weniger behindern.

Dagegen kann bei den stets zwangläufig gesteuerten Wechselvorrichtungen ein Versagen durch Rückdruck auf die Umschaltvorrichtung infolge von Undichtheiten der Hochdruckschieber oder -kolben nicht entstehen.

β) Wechselvorrichtungen mit Dampfsteuerung.

Die Wechselvorrichtungen mit Umsteuerung durch Dampf haben alle grundsätzliche Ähnlichkeit in ihrer Gesamtbauart, die aus der ursprünglichen Malletschen Anordnung hervorgegangen ist.[1]) Sie beruhen durchweg auf dem Spiel von Kolben, die durch den Druck des zugelassenen frischen Hilfsdampfes in der einen Richtung bewegt werden und dadurch die Schaltung auf Zwillingwirkung herbeiführen, während nach Absperrung des frischen Hilfsdampfes der auf die andere Seite des Kolbens, oder auf die gegenüberstehende Seite eines zweiten, an derselben Stange sitzenden Kolbens, stetig wirkende Dampfdruck das Umschaltventil zurückstellt. Mit Hilfe von zwei sich im Gleichgewicht haltenden Steuerkolben, deren Querschnittsverhältnis dem der Dampfzylinder entspricht, kann eine selbst-

[1]) vgl. über die Malletsche Wechselvorrichtung Glasers Annalen 1896, Bd. 38, Heft 8.

tätige Druckverminderung für den zum Niederdruckzylinder gehenden Dampf herbeigeführt werden. Dies geschieht beispielsweise bei der v. Borriesschen Ausführung mittels eines, durch den vollen Druck des frischen Dampfes einerseits und den herabgeminderten Druck des in den Niederdruckzylinder geleiteten frischen Dampfes andrerseits, in der Schwebe gehaltenen Doppelkolbens.

Die etwas vielteilige durch Dampf gesteuerte Wechselvorrichtung der Schenectady-Werke von Pitkin und Sague[1]) hat ein besonders in das Wechselventil eingebautes Druckminderungsventil. Bei Absperrung des frischen Hilfsdampfes wirkt die Einrichtung als selbsttätige Anfahrvorrichtung in ähnlicher Weise wie die früher besprochene v. Borriessche und andere Einrichtungen der Gruppe b).

Solche durch Dampf gesteuerte Wechselvorrichtungen, die sich in ähnlichen kleinen Ausführungen, wie bei der ebenfalls aus der Malletschen Wechselvorrichtung abgeleiteten, selbsttätig gemachten Anfahrvorrichtung der Dampfmotorwagen der Französischen Nordbahn[2]), bewähren, sind bei großen Ausführungen, infolge der Schwere der bewegten Massen und der starken zu ihrer Bewegung erforderlichen Drucke, leicht Brüchen in den Ventilgehäusen und den bewegten Teilen ausgesetzt.

γ) Wechselvorrichtungen mit Handsteuerung.

Am sichersten wirken einfache von Hand zu betätigende Wechselvorrichtungen mit entlasteten Kolben- oder Drehschiebern.

1. Colvinsche Wechselvorrichtung.

Eine solche einfache Wechselvorrichtung mit Handsteuerung ist die von Colvin (Abb. 17). Bei der Umschaltung des entlasteten Kolbenschiebers auf Zwillingwirkung tritt der frische Dampf durch einen engen Kanal ein und gelangt infolgedessen mit verminderter Spannung zum Niederdruckzylinder. Ein bestimmtes Verhältnis der Druckverminderung wird dadurch nicht erreicht.

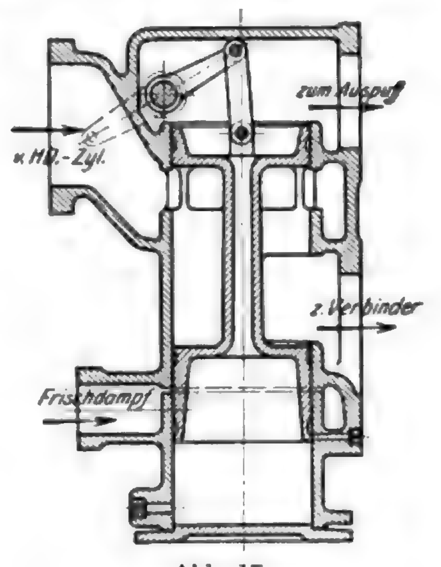


Abb. 17.
Colvinsche Wechselvorrichtung.

2. v. Borriessche Wechselvorrichtung.

v. Borries hat der Zugstange etwas Beweglichkeit gegen den Kolbenschieber gegeben (Abb. 18) und dadurch veranlaßt, daß der frische Hilfsdampf die Bewegung des Schiebers nach Öffnung des Ventils in der einen Richtung, nach Schluß des Ventils in der anderen Richtung unterstützt. Durch passende Wahl der Querschnitte der beiden Kolben des Schiebers wird wieder selbsttätige Regelung der Spannung des zum Verbinder strömenden frischen Dampfes bei Schaltung auf Zwillingwirkung herbeigeführt.

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1897, Heft 7.
[2]) Revue générale des chemins de fer 1904, Januar.

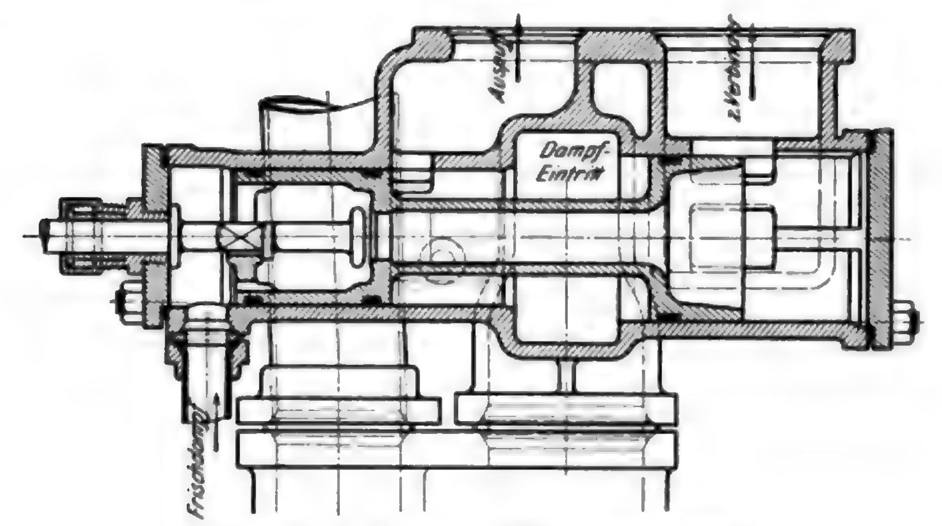


Abb. 18. v. Borriessche Wechselvorrichtung.

3. Wechselvorrichtung von Dultz.

Eine Vorrichtung, die nach den Feststellungen des Technischen Ausschusses im Jahre 1903 innerhalb des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, neben den v. Borriesschen Wechsel- und Anfahrvorrichtungen und der Schichauschen Anfahrvorrichtung, vielfach in Verwendung war, ist die Dultzsche Wechselvorrichtung. Diese hat ebenfalls einen entlasteten Kolbenschieber (Abb. 19), der in der einen Stellung den frischen Dampf zum Niederdruckzylinder gelangen läßt und dem Hochdruckzylinder freien Auspuff gibt, in der anderen den Austrittdampf des Hochdruckzylinders zum Verbinder führt. Auf genaue Regelung der Spannung des bei Zwillingschaltung zum Verbinder gelangenden frischen Hilfsdampfs ist hier wieder verzichtet, es findet nur eine gewisse Drosselung in den engen Zuströmungskanälen statt.

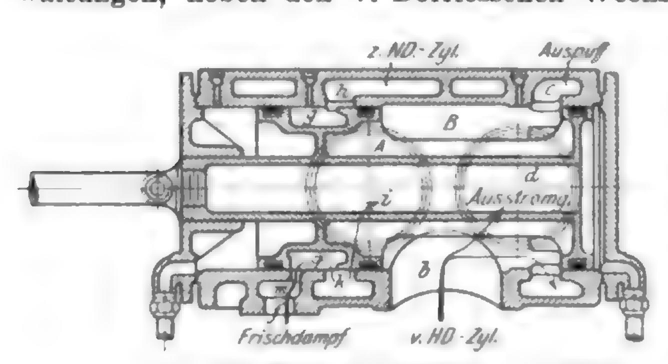


Abb. 19. Wechselvorrichtung von Dultz.

4. Wechselhahn der Hauptwerkstätte Grunewald.

Eine gleichfalls brauchbare einfache Vorrichtung ist der Wechselhahn der Hauptwerkstätte Grunewald (Abb. 20). Der Hahn ist entlastet durch einen Umlaufkanal im oberen Teil und eine Verbindung der Räume über und unter dem Hahnkörper.

5. Anfahr- und Wechselvorrichtung der Ungarischen Staatseisenbahnen.

Die neueste Anfahr- und Wechselvorrichtung der Ungarischen Staatseisenbahnen zeigt Abb. 21. Durch einen mittels Zugstange vom Führerstande aus zu betätigenden Hebel wird ein kleiner Hilfsschieber bewegt, der frischen Dampf in den Schieberkasten des Niederdruckzylinders

Digitized by Google

einläßt. Gleichzeitig wird dadurch ein Kolbenschieber bewegt, der für den Hochdruckzylinder den unmittelbaren Auspuff ins Freie veranlaßt. Der Kolbenschieber ist an die Stelle eines Tellerventils in der sonst ganz gleichartigen, etwas älteren Ausführung[1]) getreten.

Die sonstigen, vielfach in Einzelheiten abweichenden Wechselvorrichtungen sind den besprochenen mehr oder weniger verwandt.

Sämtliche aufgeführten Anordnungen werden bis in die neueste Zeit angewendet. Dabei macht sich eine unverkennbare Neigung zur Benutzung der einfachsten Anordnungen bemerkbar. U. a. werden die Gölsdorfsche, die selbsttätige v. Borriessche, die Lindnersche und die Dultzsche Anfahr- und Wechselvorrichtung, sowie einfache, mit der Steuerung zwangläufig verbundene Hähne oder Drehschieber vielfach angewendet.

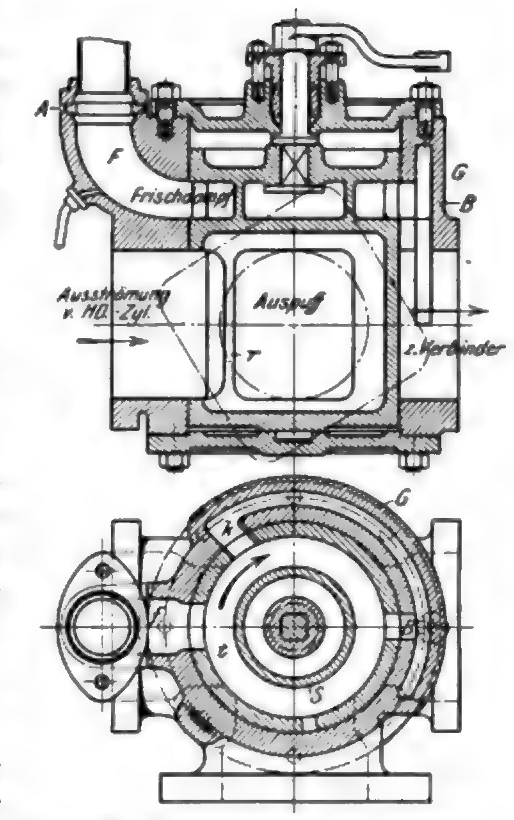


Abb. 20 Wechselhahn der Werkstätte Grunewald.

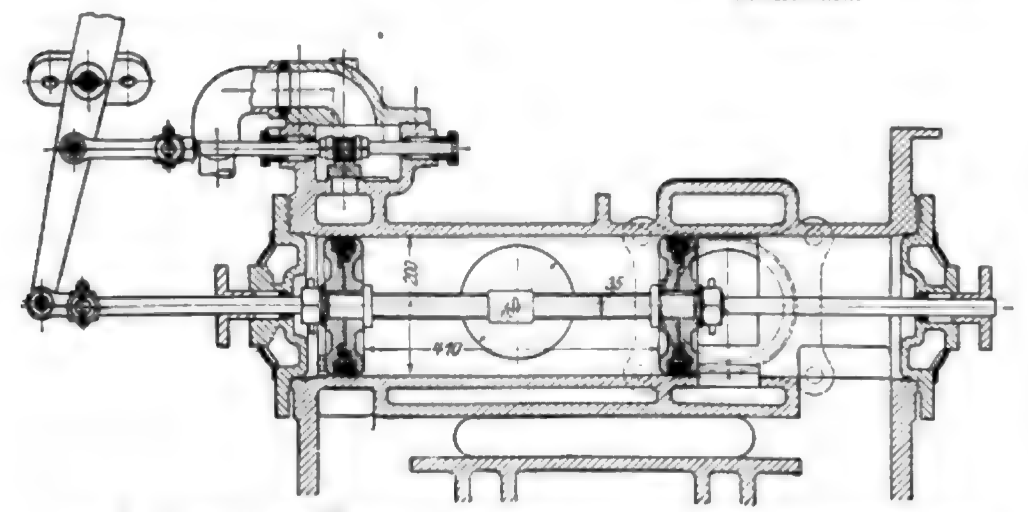


Abb. 21. Anfahr- und Wechselvorrichtung der Ungarischen Staatseisenbahnen.

δ) Anfahr- und Wechselvorrichtungen neuerer Verbundlokomotiven mit vier Zylindern.

Verbundlokomotiven mit vier Zylindern haben bezüglich des Anfahrens den Vorteil, daß ihre Hochdruckkurbeln um 90° gegeneinander versetzt sind, so daß wenigstens eine derselben stets richtig zum Anfahren steht. Es wird deshalb hierbei vielfach auf eine vollständige Anfahrvorrichtung verzichtet und nur bei ganz ausgelegter Steuerung mittels einfacher Hähne oder Drehschieber frischer Dampf in den Verbinder gelassen, wie dies

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1901, Heft 12.

auch bei den Dreizylinderlokomotiven der Jura-Simplon-Bahn geschieht. Wenn bei den letzteren auch zwei Niederdruckzylinder vorhanden sind und nur ein Hochdruckzylinder, so geht das Anfahren doch besser von statten als bei einer Zweizylinderlokomotive, wenn nur erst die Bewegung der Lokomotive eingeleitet ist.

Bei den Vierzylinderlokomotiven der Bauart Vauclain wird ein Anlaßhahn in ein Verbindungsrohr zwischen den beiden Enden der Hochdruckzylinder gesetzt (Abb. 22). Bei der Öffnung dieses Hahns strömt der Dampf von der einen zur anderen Kolbenseite des Hochdruckzylinders und von hier aus durch den hierzu immer richtig stehenden Verteilungsschieber hindurch zu der einen Seite des Niederdruckzylinders. Damit das rechtzeitige Schließen des Anlaßhahns nicht verabsäumt wird, ist an den betreffenden Anlaßhebel auch das Gestänge für die Entwässerungshähne der Dampfzylinder angeschlossen.

Bei den neuen Dreizylinderlokomotiven der englischen Great Central-Bahn, mit einem innenliegenden Hochdruckzylinder und zwei außenliegenden Niederdruckzylindern, ist von einer vollständigen Wechselvorrichtung Abstand genommen; es ist aber eine Einrichtung getroffen, daß mittels eines einstellbaren Druckverminderungsventils die Spannung des Verbinderdampfes bei der Fahrt auf der Strecke erhöht werden kann. Der vermehrte Rückdruck auf den Hochdruckkolben wird dabei nicht verhindert, nur beim Anfahren treten zu diesem Zweck selbsttätige Rückschlagventile in Wirksamkeit, die später wieder durch den wachsenden Verbinderdruck geöffnet werden. Bei der Erhöhung des Verbinderdrucks während der Fahrt wächst also der nützliche Druck auf die beiden Niederdruckkolben in gleichem Grade wie der hindernde Rückdruck auf den einen Hochdruckkolben. Der Druckunterschied bildet den Gewinn an Zugkraft.[1])

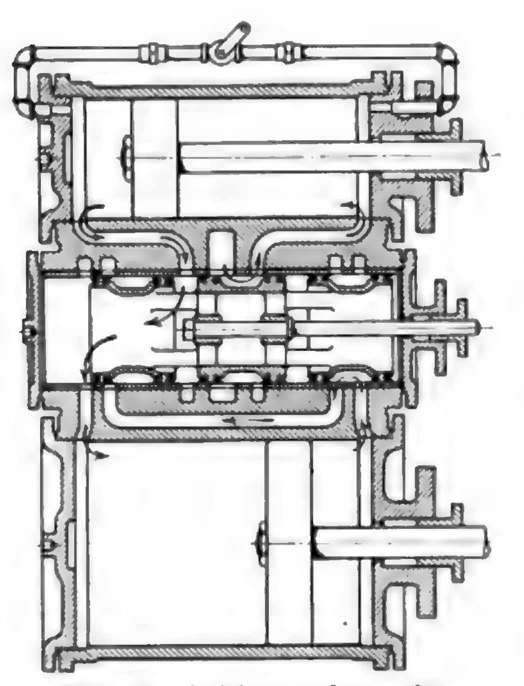


Abb. 22. Anfahrvorrichtung für Vierzylinderlokomotiven, Bauart Vauclain.

Neuere Vierzylinder-Reibungs- und Zahnradlokomotiven der Brünigbahn haben Wechselschieber.

Neue Vierzylinderschnellzuglokomotiven der Französischen Ostbahn aus den Bahnwerkstätten zu Epernay haben Wechseldrehschieber nach Abb. 23[2]). Bei einer Drehung des Schiebers um etwa 30° schließt sich die Durchtrittöffnung *a* zwischen dem Hochdruck- und dem Niederdruckzylinder und die Öffnung *b* verbindet den Austrittkanal des Hochdruckzylinders mit dem Schornstein.

Bei den großen Vierzylinderverbundlokomotiven, Bauart de Glehn

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1907, Nr. 44.
[2]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1907, Nr. 34.

Digitized by Google

der Elsässischen Maschinenfabrik in Grafenstaden i. E. werden ähnliche Drehschieber verwendet, die durch Druckluft mittels eines Hilfsmotors (servo-moteur) gesteuert werden (Abb. 24a und b). Die Arbeitsweise ergibt

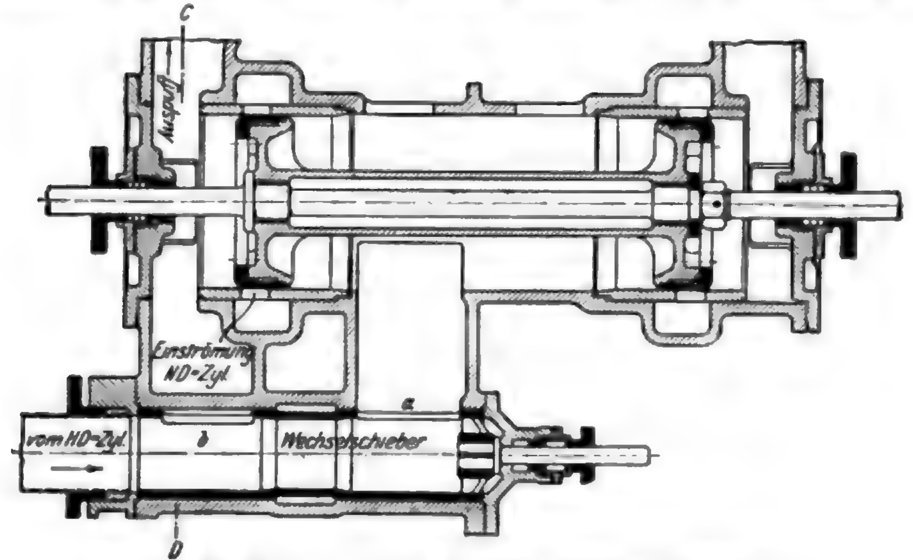


Abb. 23. Wechselschieber der Französischen Ostbahn.

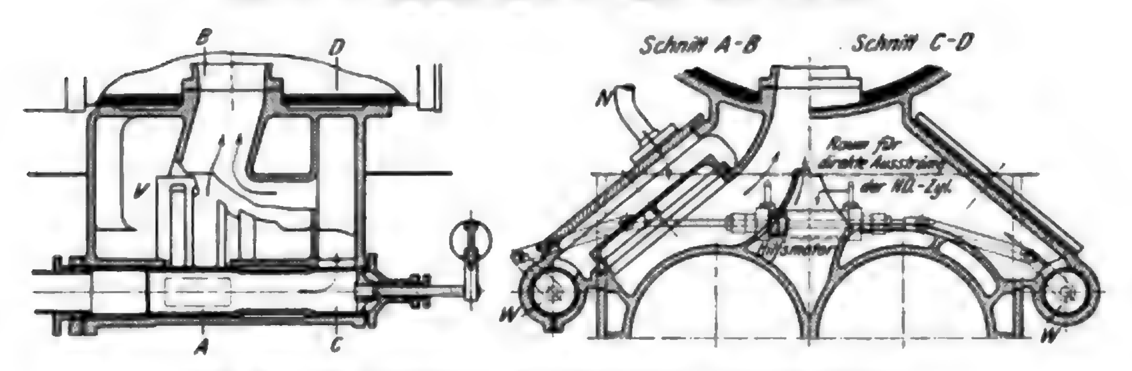


Abb. 24a. Wechselschieber der Elsässischen Maschinenfabrik.

sich ohne weiteres aus der Zeichnung. An der Hinterwand der Feuerbüchse ist ein Frischdampfventil angebracht, durch das frischer Kesseldampf unmittelbar in den Verbinder gelassen werden kann. Ein bei 6 at abblasendes Sicherheitsventil verhindert zu hohes Steigen des Verbinderdrucks.

Es sind mit der Grafenstadener Einrichtung folgende Arten des Anfahrens möglich:

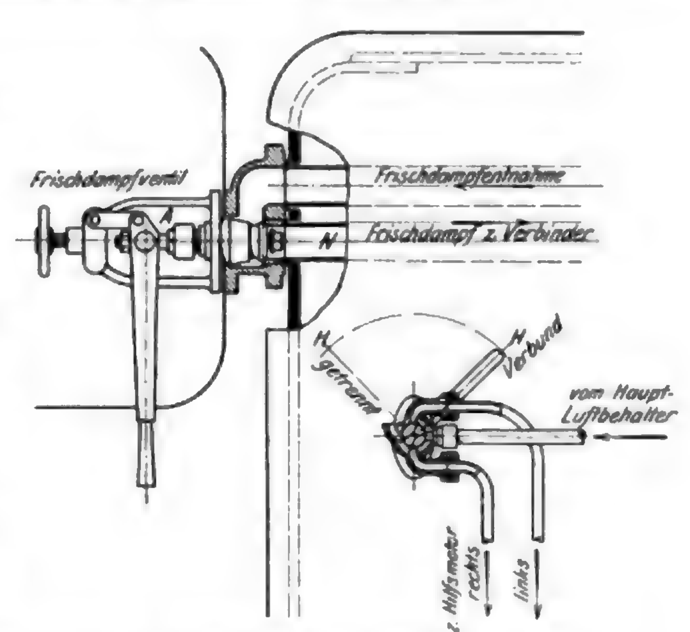


Abb. 24b. Frischdampfventil und Steuerventil des Hilfsmotors.

1. bei schwacher Belastung der Lokomotive in Verbundschaltung mit den Hochdruckkolben allein;

2. in Verbundschaltung mit gedrosseltem Frischdampf in den Niederdruckzylindern. Der Rückdruck auf die Hochdruckkolben ist dabei nicht verhindert;

3. in Zwillingschaltung mit zwei Zwillingmaschinen.

Während der Fahrt auf der Strecke sind vier verschiedene Arbeitsweisen möglich:

1. als Verbundlokomotive;

2. als doppelte Zwillinglokomotive;

3. als einfache Zwillinglokomotive mit den Hochdruckzylindern allein. Der Regler wird geöffnet, das Frischdampfventil für den Verbinder bleibt geschlossen;

4. als einfache Zwillinglokomotive mit den Niederdruckzylindern allein. Der Regler bleibt geschlossen, das Frischdampfventil für den Verbinder wird geöffnet.

Die Arbeitsweisen 3 und 4 können angewendet werden bei Beschädigungen der Hoch- oder der Niederdruckmaschinen.

4. Steuerungen der Verbundlokomotiven.

Über die Steuerungen der Verbundlokomotiven ist hier nur weniges zu sagen, da die Steuerungen der Verbundlokomotiven mit zwei Zylindern nur geringe Besonderheiten gegenüber den Steuerungen der Zwillinglokomotiven aufzuweisen haben und die Steuerungen der Verbundlokomotiven mit vier Zylindern in dem folgenden Abschnitt „Neuere Lokomotivsteuerungen" behandelt sind.

Verbundlokomotiven mit zwei Zylindern erhalten stets eine einzige gemeinsame Steuerung. Die Füllung des Niederdruckzylinders wird dabei der gleichförmigen Dampfverteilung und der guten Ausnutzung des Dampfes halber um 10 bis 15 v. H. größer genommen als die des Hochdruckzylinders. Der Verbinderdruck ist etwa 40 bis 50 v. H. des Kesseldrucks.

Der Unterschied der Füllung für den Hoch- und den Niederdruckzylinder läßt sich am einfachsten bei der Heusinger-Steuerung durch ein größeres Teilungsverhältnis des Voreilhebels auf der Niederdruckseite erreichen. Dies ergibt annähernd gleiche Füllungsverhältnisse für Vor- und Rückwärtsfahrt. Bei Personen- und Schnellzuglokomotiven ist hierauf weniger Wert zu legen, vielmehr genügt bei diesen eine richtige Dampfverteilung für den Vorwärtsgang, die bei Kulissensteuerungen durch Anordnung verschieden langer Hängstangen und durch Verdrehen der Steuerwellenhebel gegeneinander bewirkt wird.

Von Kuhn (Henschel & Sohn) ist eine Einrichtung angegeben worden[1]), bei der die Steuerung für den Niederdruckzylinder stets, — bei Vor- und Rückwärtsgang —, auf gleiche und zwar auf die größte Füllung eingestellt bleibt, während die Füllung für den Hochdruckzylinder innerhalb der üblichen Grenzen veränderlich ist. Dies ist vorteilhaft für die Ausnutzung des Dampfes, weil dadurch die Kompressionsarbeit im Hochdruckzylinder auf das erreichbar kleinste Maß herabgemindert wird und für

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1902 und Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1902.

die Dampfverteilung annähernd der gleiche Nutzen herbeigeführt wird, der durch Anwendung eines größeren Verhältnisses des Niederdruckzylinders zum Hochdruckzylinder zu erreichen wäre. Abb. 25 zeigt die Anordnung für Allan-Steuerung. Der Umsteuerhebel *a* für den Hochdruckzylinder ist durch eine Hülse *b* mit dem Kulissenhebel *c* verbunden und drehbar auf der Welle *w* angeordnet. Der Umsteuerhebel *h* für den Niederdruckzylinder ist dagegen in üblicher Weise mit der Welle *w* fest verbunden. Nach Auslegung der Steuerung in eine der beiden Endstellungen wird der Umsteuerhebel *h* des Niederdruckzylinders durch eine in einen Einschnitt des Führungsbogens *d* eingreifende Klinke *g* festgehalten. Wird nun die Steuerzugstange nach der Mittelstellung zu bewegt, so wird die Klinke *g* mittels der an dem Steuerhebel *a* des Hochdruckzylinders angebrachten Rolle *n*, welche auf das rückwärtige Ende *m* der beiden Hebel *v* drückt, ausgehoben. Der Hebel *h* kann dann bei der Weiterbewegung der Steuerzugstange von deren mit einer Schleife versehenen Abzweigung *s* mitgenommen werden. Die Entfernungen der Angriffspunkte der Steuer-

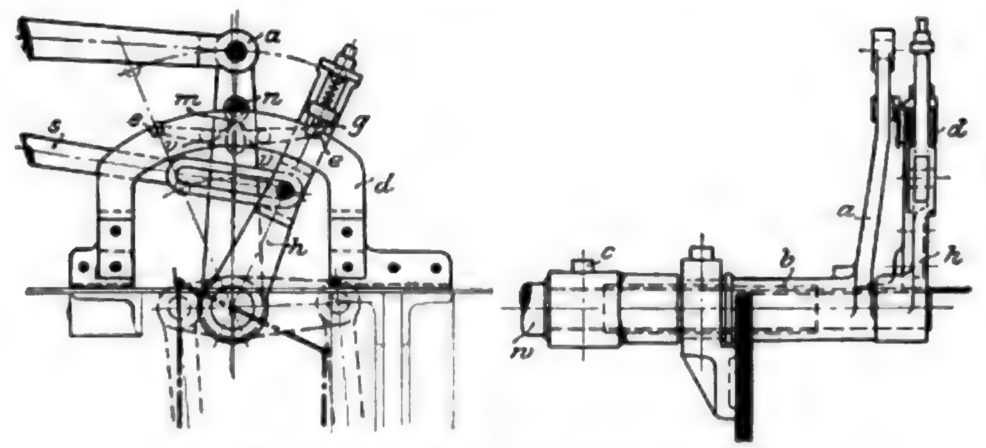


Abb. 25. Umsteuerung von Kuhn für Allanschwinge.

zugstange und deren Abzweigung *s* von der Wellenmitte sind für beide Steuerhebel so bemessen, daß gleichzeitig mit dem Steuerhebel *a* des Hochdruckzylinders auch der Steuerhebel *h* des Niederdruckzylinders in der Endstellung ankommt. Der Arm *s* hat eine Schleife, mittels deren der Steuerhebel *h* für beide Bewegungsrichtungen stets mitgenommen wird, nachdem der Steuerhebel *a* in der Mittelstellung angekommen und die Ausklinkung von *g* erfolgt ist.

Abb. 26 zeigt die entsprechende Anordnung für Heusinger-Steuerung. Die miteinander verbundenen Hebel *a* und *c* vermitteln die Hebung und Senkung des Kulissensteins für die Hochdruckseite, während die an der Verlängerung der Steuerzugstange angebrachte Schleife das Ende *P* der mit dem Steuerhebel *h* der Niederdruckseite gekuppelten Stange *s* wieder, ähnlich wie früher beschrieben, mitnimmt. Der Punkt *P* ist durch die in *D* drehbar befestigte Schiene *O* geführt.

Es kann auch Dampf oder Druckluft zur Umsteuerung des Hebels *h* verwendet werden, indem gleichzeitig mit der Auslösung der Klinke *g* auch das betreffende Dampf- oder Druckluftventil geöffnet wird.

Eine schon ältere, ebenfalls von Kuhn angegebene Steuerungsanordnung für Verbundlokomotiven zeigt Abb. 27 in der Ausführung für Allan-

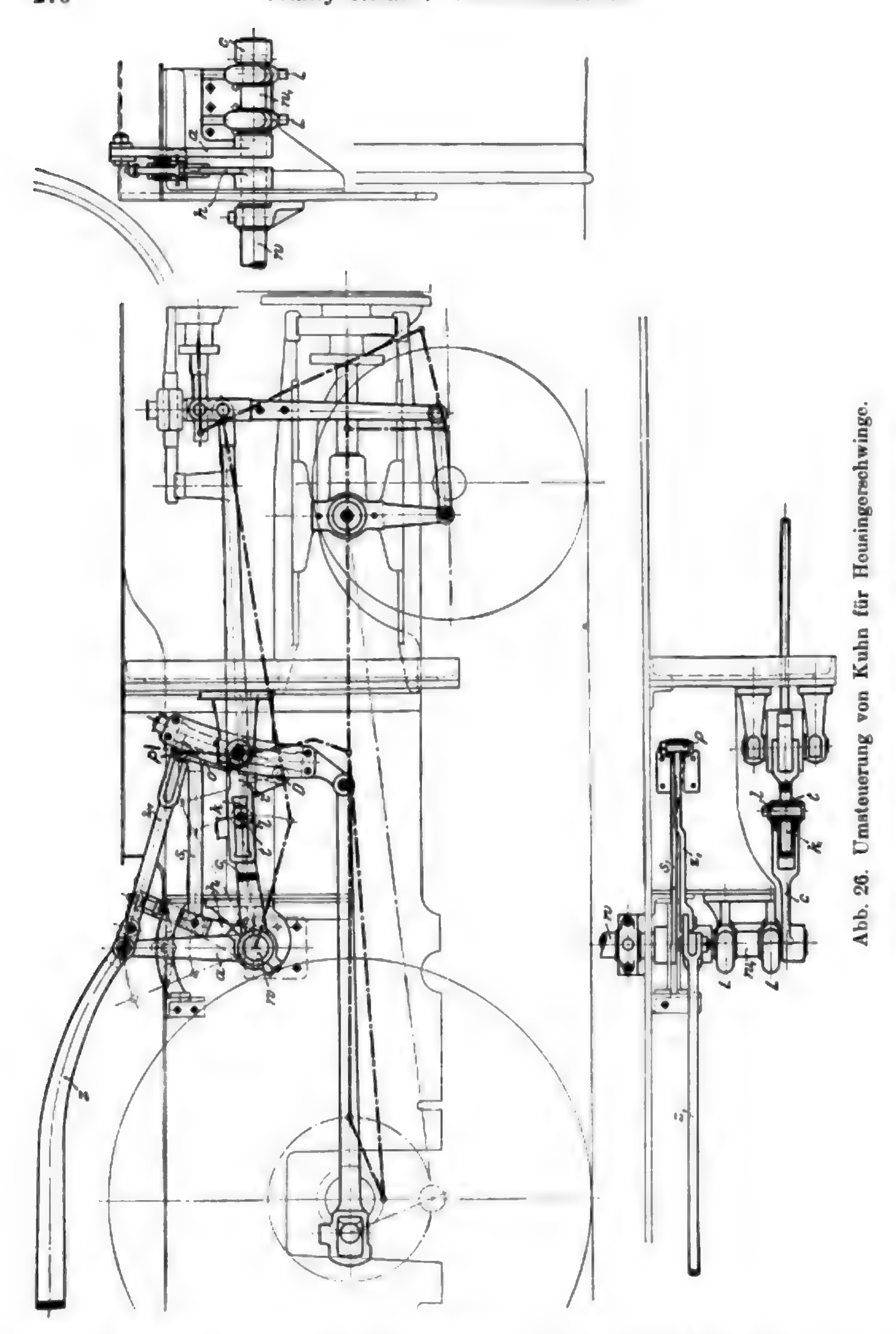


Abb. 26. Umsteuerung von Kuhn für Heusingerschwinge.

Steuerung.[1]) Durch diese Einrichtung wird bewirkt, daß bei Vorwärts- und Rückwärtsgang gleichmäßig der Niederdruckzylinder größere Füllung erhält als der Hochdruckzylinder. Der zweiarmige Aufhänghebel der

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1890, Nr. 8.

Allan-Steuerung hat zu diesem Zwecke auf der Hochdruckseite Schlitze erhalten, in denen sich die Aufhängepunkte der Hängeschienen mittels Gleitsteinen verschieben lassen. An den Gleitsteinen greifen kurze Lenkstangen L und L_1 an, die in K und K_1 drehbar fest gelagert sind. Die Lenkstangen schwingen also bei einer Drehung des Doppelhebels in Kreisbogen und die Hebellängen werden durch die entsprechenden Verschiebungen der Aufhängpunkte der Hängschienen veränderlich. Für die Niederdruckseite bleibt die Anordnung der Steuerung unverändert die gewöhnliche. Da nun die Abmessungen so gewählt sind, daß bei ganz ausgelegter Steuerung die Füllung für beide Zylinder gleich groß ist, so ist sie in allen Zwischenstellungen für den Hochdruckzylinder kleiner als für den Niederdruckzylinder, weil die Hebellängen auf der Hochdruckseite in den Zwischenstellungen kürzer werden. Bei Stephenson-, Gooch- und Heusinger-Steuerung wird die Anordnung entsprechend geändert. Eine solche Einrichtung ist für Tenderlokomotiven im Zugdienst zweckmäßig.

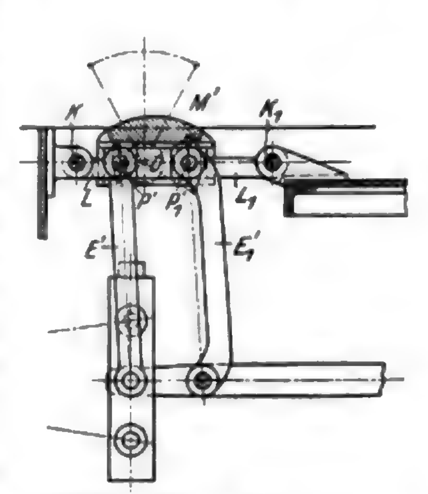


Abb. 27. Ältere Umsteuerung von Kuhn.

Erwähnenswert ist hier noch die v. Borriessche Abänderung der Heusinger-Steuerung, welche für den Hoch- und Niederdruckschieber jeder Maschinenseite von Vierzylinderlokomotiven nur eine Schwinge und dementsprechend auch nur ein Exzenter hat. Dies ist dadurch ermöglicht, daß die Kolbenschieber der Hochdruckzylinder innere Einströmung haben, während die Flachschieber der Niederdruckzylinder mit äußerer Einströmung versehen sind. Infolgedessen laufen die Hoch- und Niederdruckschieber miteinander gleich, während die Kolben gegenläufig sind. Die Niederdruck-Kreuzköpfe besitzen ebenfalls Voreilhebel, und zwar mit etwas anderer Teilung, so daß einer Füllung der Hochdruckzylinder von 40 v. H. eine solche der Niederdruckzylinder von 65 v. H. entspricht.

Es sind die Meinungen darüber geteilt, ob man bei Verbundlokomotiven mit zwei Zylindern besser die Hochdruckkurbel oder die Niederdruckkurbel voraneilen lassen soll. In der Regel eilt die Hochdruckkurbel vor[1]).

Für den Hochdruckzylinder werden gewöhnlich Kolbenschieber oder entlastete Flachschieber, für den Niederdruckzylinder Flachschieber ohne Entlastung verwendet, doch kommen auch Vierzylinderlokomotiven in Verwendung, deren Dampfverteilung nur Kolbenschieber besorgen.

5. Verbreitung der Verbundlokomotiven.

Im Jahre 1878 erschien auf der Weltausstellung zu Paris eine kleine $^2/_2$-gek. Lokomotive (Abb. 28), die nach einer bis dahin unbekannten Bauart von dem Genfer Ingenieur Mallet mit Verbundeinrichtung (locomotive-compound) versehen war. Sie war bei Schneider & Cie. in Creusot für die

[1]) vgl. d. Untersuchungen v. Prof. Fliegner im Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1893.

Nebenbahn Bayonne-Biarritz gebaut worden und — trotz ihrer Unansehnlichkeit — bestimmt, dem Lokomotivbau eine neue Richtung zu geben.[1])

Aber nur sehr langsam war das neue System imstande Boden zu gewinnen, vermochte seine angepriesene Wirtschaftlichkeit die Eisenbahnverwaltungen zu überzeugen. Der Versuch einzelner Bahnen, Lokomo-

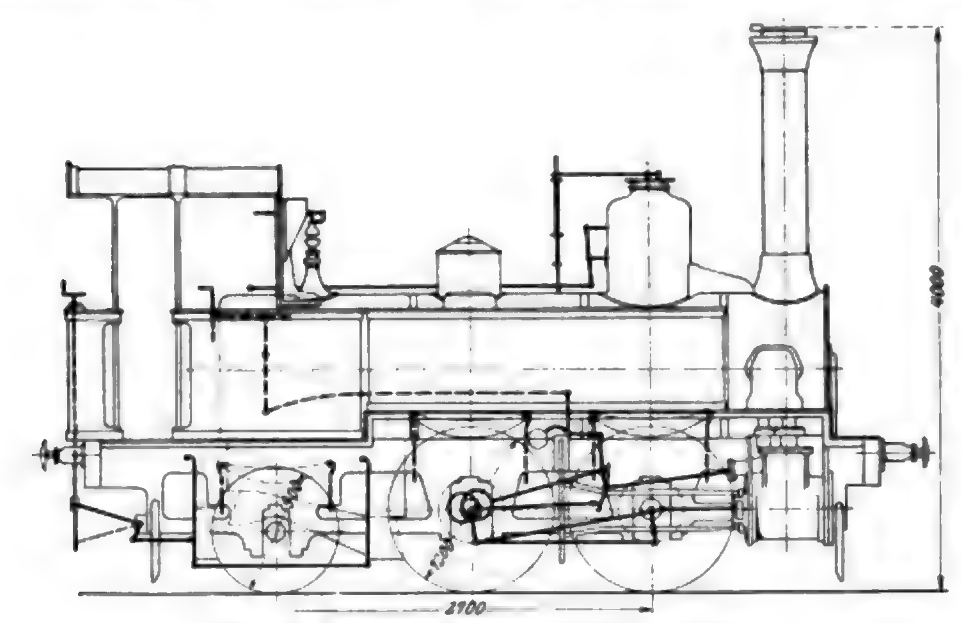


Abb. 28. Erste Verbundlokomotive von Mallet.

tiven älteren Systems mit einer derartigen Verbundeinrichtung zu versehen, mißlang. Aber auch die beiden kleinen, nach dieser Bauart durch v. Borries im Jahre 1880 für die Preußischen Staatsbahnen neu entworfenen Lokomotiven fanden lange keine Nachahmer. Das ging so durch ein Jahrzehnt.

Im Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen wurden bis dahin beschafft:

im Jahre	1880	2	Stück	im Jahre	1886	7	Stück
„ „	1881	2	„	„ „	1887	25	„
„ „	1882	2	„	„ „	1888	40	„
„ „	1883	10	„	„ „	1889	94	„
„ „	1884	6	„	„ „	1890	108	„
„ „	1885	17	„				

Von den bis zum Jahre 1891 für Bahnverwaltungen des Vereinsgebietes ausgeführten 485 Stück Verbundlokomotiven gehörten:

den Preußischen Staatseisenbahnen	289 Stück
den Sächsischen Staatseisenbahnen	117 „
der ehem. Kaiser-Ferdinand-Nordbahn	10 „
den Kgl. Ungar. Staatseisenbahnen	6 „
der Öst.-Ung. Staatseisenbahn-Gesellschaft	5 „

[1]) Der Gedanke, Verbundlokomotiven zu bauen, ist allerdings sehr viel älter. Die Untersuchungen von Brückmann (Organ Fortschr. d. Eisenbahnw. 1890 und 1891 „Beitrag zur Geschichte der Verbundlokomotive") haben das überraschende Ergebnis gebracht, daß schon im Jahre 1834 an André Koechlin & Cie. in Mülhausen i. E. für Roentgen ein Patent auf Verbundlokomotiven erteilt worden ist. J. Samuel, der Erfinder der Eisenbahntriebwagen, hat im Jahre 1850 ein Patent auf eine „Kontinuierliche Expansionsmaschine" erhalten.

Von dieser Zeit angefangen, wurde die Anwendung des Verbundsystems ausgebreiteter, erweiterte sich der langdauernde Versuch zu einer ausgedehnten Verwendung.

Nach den Mitteilungen der 20 hervorragendsten Lokomotivbauanstalten Mitteleuropas[1]) ist die nachstehende Zusammenstellung I entworfen, welche — insbesondere in den daraus gewonnenen Schaulinien (Abb. 29) — ein übersichtliches Bild über die Entwicklung der Verbundlokomotive liefert.

Etwa zehn Jahre nach dem Bekanntwerden der ersten mit Verbundeinrichtung versehenen Lokomotiven in Deutschland, also um 1892, trat erst eine ausgedehntere Gebrauchnahme der Zweizylinderlokomotive in die Erscheinung, die in ihren verschiedenen Bauformen — zunächst ohne ausgesprochenen Charakter der Verwendung in einer besonderen Richtung — den Verwaltungen der kontinentalen Eisenbahnen die Vorteile dieses Systems zuführte.

Nach einem weiteren Dezennium (1902) war mit rund 900 Jahresausführungen ein Höhepunkt der Produktion erreicht, und zwar zu einer Zeit, da auch die Vierzylinderlokomotive, insbesondere in ihrer Bestimmung für schnelle schwere Züge, reichlich Eingang gefunden hatte.

Verbundeinrichtungen an Dreizylinderlokomotiven, die zuerst im Jahre 1885 von Webb auf englischen Bahnen in Versuch gebracht worden sind, haben später — von vereinzelten Ausführungen bei kontinentalen Bahnen abgesehen — nur bei einer Verwaltung (Jura-Simplon-Bahn) dauernd Platz gefunden.

Das Malletsche Vierzylindersystem gegliederter Lokomotiven hat seither ein kleines Verwendungsgebiet, insbesondere auf schmalspurigen, krümmungsreichen Bahnen, gefunden und sich dauernd erhalten. Auf amerikanischen Hauptbahnen ist seine Anwendung beliebter geworden.

Der Abfall der Produktionslinie in der Abb. 29 von 1902 auf 1903 ist offenbar auf eine andere Erscheinung im Lokomotivbau zurückzuführen, auf die Verwendung des überhitzten Dampfes. Nicht so allmählich wie das Verbundsystem, sondern sprunghaft eroberte das Überhitzersystem die Welt der Eisenbahnen.

Diese Einrichtungen wurden ebenfalls zunächst nur an Zwillinglokomotiven in Ausführung gebracht und in dieser Anwendung von Geheimrat Garbe andauernd besonders empfohlen.

Wilhelm Schmidt, Cassel, versuchte im Jahre 1897 zum erstenmal die Überhitzung des Dampfes auch bei Lokomotiven nutzbringend zu gestalten, und zehn Jahre später (1907) sind bereits 2700 Lokomotiven nach seinem System erbaut, also fünfmal mehr als das Verbundsystem nach 10jähriger Anwendung erreicht hatte.

Die in der Abb. 29 eingetragene Linie, vom Jahre 1898 angefangen, läßt das jähe Ansteigen der Produktionsziffern erkennen. Mit dem Steigen dieser Werte ist zugleich eine Abnahme in der Erzeugung der Verbundlokomotiven wahrnehmbar. Noch auffallender ist diese Erscheinung in dem Schaubild (Abb. 30), in welchem die Erzeugungszahlen der Verbundlokomotiven und Heißdampflokomotiven in Prozenten der Gesamtlokomotiverzeugung ausgedrückt sind. Allerdings erscheinen in diesem Bilde

[1]) Es sei für dieses Entgegenkommen den in der nachfolgenden Zusammenstellung einzeln angeführten Firmen hiermit vom Herausgeber der verbindlichste Dank ausgedrückt.

Zusammen-
Entwicklung der

Laufende Nr.	Im Jahre:	1888					1889					1890					1891				
		Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven				
	wurden erzeugt von	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen
1.	A. Borsig, Berlin-Tegel	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2.	Breslauer Aktien-Gesellschaft für Eisenbahn-Wagenbau und Maschinenbauanstalt Breslau	.	.	.	.	.															
3.	Maschinenfabrik Esslingen	9	.	.	.	9	6	.	.	.	6	16	.	.	.	16	9	.	.	.	9
4.	Hannoversche Maschinenbau-A.-G., Hannover-Linden	6	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22	.	.	.	22
5	Henschel & Sohn, Cassel	11	.	.	.	11	15	.	.	.	15	25	.	.	.	25	14	.	.	.	14
6.	Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7.	Lokomotivfabrik Krauss & Comp., A.-G., München	.	.	.	.	.	4	.	.	.	4	12	.	.	.	12	11	.	.	.	11
8	J. A. Maffei, München	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	9
9.	Sächsische Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann, A.-G., Chemnitz					?					?					?					?
10.	Berliner Maschinenbau-A.-G. vormals L. Schwartzkopff, Berlin					12					.					.					12
11.	Stettiner Maschinenbau-A.-G. „Vulkan", Stettin	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	.	.	.	20
12.	Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur	.	.	.	.	.	5	.	.	.	5	2	.	.	.	2	18	.	.	.	18
13.	Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft, Belfort	.	.	.	1	1	.	.	.	2	2	.	.	.	4	4	.	.	3	2	5
14.	Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft, Grafenstaden	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	Erste böhmisch-mährische Maschinenfabrik, Prag	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16.	Wiener Lokomotiv-Fabriks-Aktien-Gesellsch., Wien-Floridsdorf	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17.	Lokomotivfabrik Krauss & Comp., A.-G., Linz a. D.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18.	Maschinenfabrik d. Öst.-Ung. Staats-Eisenb.-Ges., Wien	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19.	Aktien-Ges. der Lokomotivfabrik vorm. G. Sigl, Wiener-Neustadt	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	.	.	.	13	8	.	.	.	8
20.	Maschinenfabrik d. Kgl. ungar. Staatseisenbahnen, Budapest	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	.	.	3	.	3
	Zusammen:	26	.	.	.	39	30	.	.	2	32	68	.	2	4	74	102	.	6	11	131

Digitized by Google

stellung I
Verbundlokomotive.

1892 Verbund-lokomotiven 2-Zylinder-	1892 3-Zylinder-	1892 4-Zylinder-	1892 Duplex-	1892 Zusammen	1893 Verbund-lokomotiven 2-Zylinder-	1893 3-Zylinder-	1893 4-Zylinder-	1893 Duplex-	1893 Zusammen	1894 Verbund-lokomotiven 2-Zylinder-	1894 3-Zylinder-	1894 4-Zylinder-	1894 Duplex-	1894 Zusammen	1895 Verbund-lokomotiven 2-Zylinder-	1895 3-Zylinder-	1895 4-Zylinder-	1895 Duplex-	1895 Zusammen	1896 Verbund-lokomotiven 2-Zylinder-	1896 3-Zylinder-	1896 4-Zylinder-	1896 Duplex-	1896 Zusammen	1897 Verbund-lokomotiven 2-Zylinder-	1897 3-Zylinder-	1897 4-Zylinder-	1897 Duplex-	1897 Zusammen
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	25	21	.	.	.	21
26	5		.	31	6	.	4	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29	.		.	29
2	.		.	2	47	.		.	47	46	.		.	46	33		.	.	33	71	.		.	71	105		.	.	105
			.	.	24	.	.	.	24	22	.	.	.	22	42	.	.	.	42	86	.		.	86	80	.	.	.	80
2		.	.	2	4	.	.	.	4	2	.	8	12	22	.	.	.	.	.	28	.	7	2	37	11	.	14	1	26
6	.		.	6	4	.	.	.	4	20	.			20	21	.	.	.	21	18	.	4	.	22	24	.	.	.	24
				.	.	.	.	.	.	15	.		10	25	3			.	3	.	.	1	9	10	31	.	2	.	33
				?					?					?					?					?					?
				32					22					50					73					107					102
				.	10	.	.	.	10	.	.	.	.	.	28	.		.	28	22	.	.	.	22	43	.	.	.	43
14				14	12	.	.	.	12	15		1	.	16	8	.			8	16	1	.	2	19	10	.	13	6	29
			8	8	.		13	3	16	.	.	5	1	6	.		25	7	32	.		12	5	17	.	.	13	.	13
1	.			1	.	.	.	6	6	26		2	.	28	8	.	7	10	25	10	.	.	5	15	31	.			31
				.	.	.	.	.	.		.									.		.	.					.	
		.		.	1	.	.		1	13	.	6	.	19	16			.	16	23	.	.	.	23	32				32
				.	.	.	.	.		4				4	7		.		7	7	.		.	7	7	.	.		7
	1			1		.			.	26		10		36	27	.			27	16		.	.	16	41	1	.		42
.	.	.		.	14	.	.	.	14	18		6		24	19	.			19	29			.	29	29	.	3		32
2	.	12	.	14	23	.	9	.	32	.	.	20		20	.		.		.	1	.	21	.	22	18	.			18
53	6	12	8	111	145	.	26	9	202	207	.	58	23	338	212	.	32	17	334	327	1	45	48	528	512	1	45	7	667

Zusammen-
Entwicklung der

Laufende Nr.	Im Jahre:	1898					1899					1900					1901				
		Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven				
	wurden erzeugt von	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen
1.	A. Borsig, Berlin-Tegel	9	.	.	1	10	15	.	.	.	15	30	.	.	3	33	27	.	.	4	31
2.	Breslauer Aktien-Gesellschaft für Eisenbahn-Wagenbau und Maschinenbauanstalt Breslau																				13
3.	Maschinenfabrik Esslingen	10	.	2	.	12	25	.	.	6	31	20	.	19	3	42	48	.	2	3	53
4.	Hannoversche Maschinenbau-A.-G., Hannover-Linden . . .	127	.	.	.	127	61	.	.	.	61	132	.	1	.	133	74	.	12	.	86
5.	Henschel & Sohn, Cassel	113	.	.	.	113	43	.	.	.	43	102	.	.	.	102	76	.	.		76
6.	Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe . .	.	.	19	.	19			27	1	28	10	.	.	.	10		.	.	.	.
7.	Lokomotivfabrik Krauss & Comp., A.-G., München	3		.		3	12	.	.	.	12	17	.	.	.	17	[illegible]	.	.	.	3
8.	J. A. Maffei, München			.	.	.	25		.	3	28	37	.	12	9	58	18	.	30	14	62
9.	Sächsische Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann, A.-G., Chemnitz					?					?					?					?
10.	Berliner Maschinenbau-A.-G. vormals L. Schwartzkoff Berlin					95					119					74					115
11.	Stettiner Maschinenbau-A.-G. „Vulkan", Stettin	61	.	.		61	37	.	.		37	47	.	.	.	47	26	.	.	.	26
12.	Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur .	30	.	15	.	45	13	17		.	30	13	12	1	6	32	16	16	4		36
13.	Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft, Belfort	.	.	27	.	27	6	.	16		22	4	.	28	2	34	.	.	32	1	33
14.	Elsässische Maschinenbau-Gesellschaft, Grafenstaden	.		5	11	16	24	.	22	1	47	39	.	.	.	39	42	.	18		60
15.	Erste böhmisch-mährische Maschinenfabrik, Prag		.		.		.	.		.	.	3	.	.	.	3	39	.	1	.	40
16.	Wiener Lokomotiv-Fabriks-Aktien-Gesellsch., Wien-Floridsdorf . .	72	.			72	81	.			81	48	.	.	.	48	31	.	30	.	61
17.	Lokomotivfabrik Krauss & Comp., A.-G., Linz a. D.	2	.		.	2	12		.		12	25	.	.	.	25	21	.	.	.	21
18.	Maschinenfabrik d. Öst.-Ung. Staats-Eisenb.-Ges., Wien . . .	50	.	.	.	50	58		.	.	58	35	.	.	.	35	22	.	10	.	32
19.	Aktien-Ges. der Lokomotivfabrik vorm. G. Sigl, Wiener Neustadt . .	47	.			47	67		.	.	67	45	.	13	.	58	23	.	40	.	63
20.	Maschinenfabrik d. Kgl. ungar. Staatseisenbahnen, Budapest	36	.	.	1	37	53	.	.	3	56	50	.	.	6	56	50	.	3	10	63
	Zusammen:	560		68	13	736	532	17	65	14	747	657	12	74	29	846	516	16	182	32	874

Digitized by Google

stellung I
Verbundlokomotive.

1902					1903					1904					1905					1906					1907					Summe aller Verbund-lokomotiven
Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					Verbund-lokomotiven					
2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	
77	.	.	1	78	11	.	4	.	15	34	.	6	11	51	13	.	.	6	19	25	.	.	1	26	37	.	15	.	52	376
				57					19					34					39					20					53	235
20	.	7	.	27	10	.	1	.	11	17	.	1	7	25	10	.	4	.	14	14	.	2	4	20	22	.	2	.	24	369
51	.	10	.	61	101	.	12	.	113	32	.	22	.	54	69	.	30	.	99	50	.	72	.	122	169	.	4	.	173	1361
79	.	.	4	83	51	.	32	.	83	37	1	17	.	55	63	.	49	4	116	211	.	.	4	215	252	1	37	3	293	1498
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	5	159
10	.	.	.	10	.	.	.	.	.	10	.	.	.	10	25	.	.	.	25	19	.	.	.	19	13	.	.	.	13	236
18	.	32	1	51	.	.	.	6	6	.	.	29	5	34	.	.	46	.	46	.	.	13	.	13	.	.	63	8	71	449
				?					?					?					?					?					?	(799)
				104					45					76					32					17					31	1118
48	.	.	3	51	29	.	.	3	32	12	.		.	12	17	.	.	1	18	21	.	.	2	23	16	.	.	.	16	446
21	15	6	9	51	9	24	5	4	42	16	18	20	.	54	.	8	38	3	49	12	10	36	4	62	1	12	19	.	32	556
	.	30	.	30	.	.	25	.	25	.	.	22	4	26	.	.	30	.	30	.	.	40	2	42	.		32	4	36	409
	.	49	.	49	25	.	44	4	73	8	.	39	.	47	10	.	34		44	60		5	.	65	4	.	53	.	57	603
13	.	.	.	13	12	.	4	.	16	16	.		.	16	15	.	4	.	19	12	.	1	.	13	29		.	.	29	149
45	.	.	1	46	18	.	.	.	18	31	.	.	.	31	21	.	1	.	22	28	.	15	2	45	54	.	4	.	58	573
19	.	.	.	19	1	.	.	.	1	17	.	.	.	17	14	.	.		14	16	.	.	.	16	22		.	.	22	174
32	1	10	.	43	43	.	10	.	53	30	4	8		42	23	10	.	.	33	19		3	.	22	54	.	3	.	57	547
47	.	6	.	53	25	.	3	.	28	11	.	.		11	26	.	.	.	26	73				73	55	.	2	.	57	622
45	.	13	10	68	44	.	10	.	54	32	.	.		32	35	.	.	2	37	35	.	2	5	42	50	.	14	.	64	620
325	16	163	29	894	379	24	150	17	634	303	23	170	27	633	341	18	236	16	682	595	10	189	24	855	778	13	253	15	1143	10500

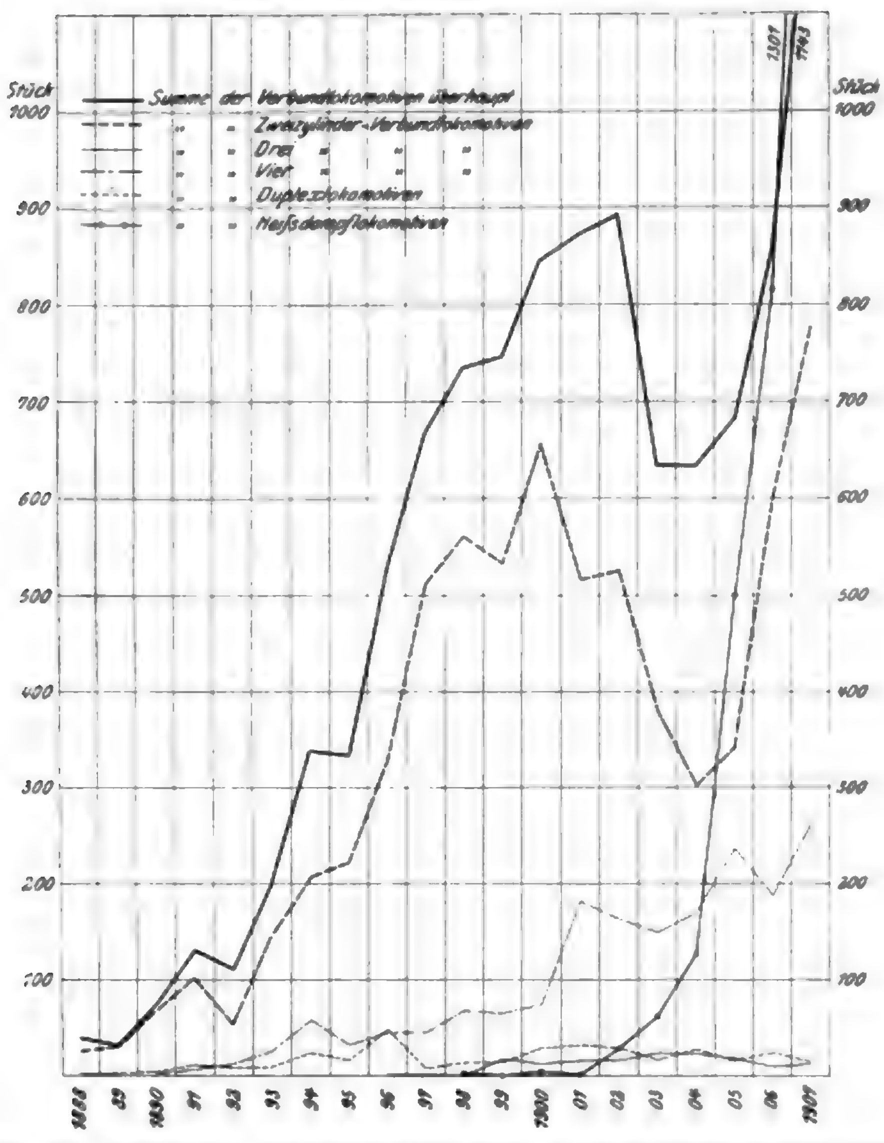


Abb. 29. Entwicklung der Verbundlokomotive und der Heißdampflokomotive.

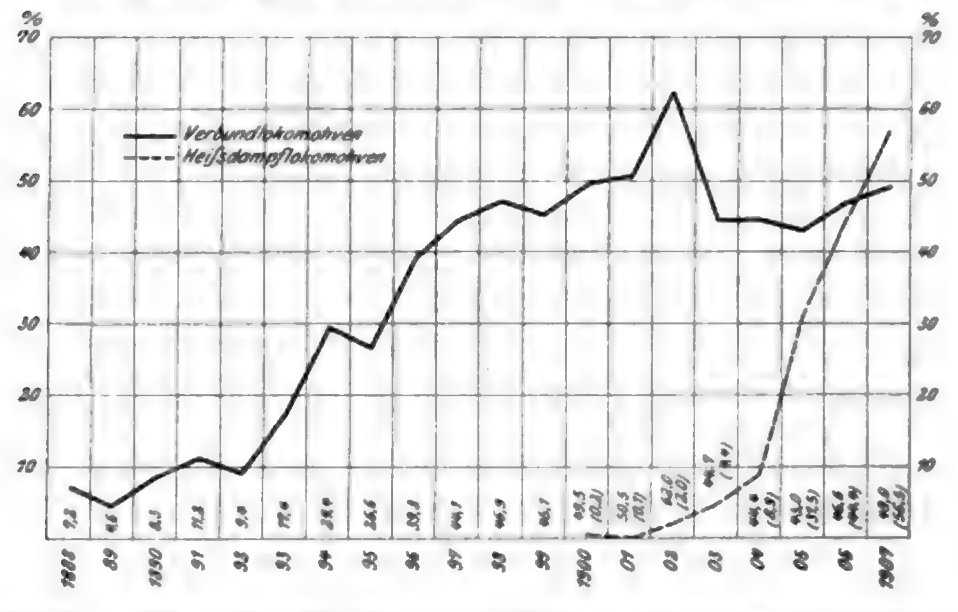


Abb. 30. Ausführungen von Verbund- und Heißdampflokomotiven, dargestellt in Prozenten der Gesamtlokomotiverzeugung.

Digitized by Google

— mangels getrennter Ausweisungen — die Werte für die Heißdampflokomotiven ein wenig zu hoch, und zwar um jene Beträge, welche sich auf eine Anzahl von Heißdampflokomotiven, Bauart Schmidt, beziehen, die nicht von den angeführten 20 Lokomotivbauanstalten, sondern anderwärts ausgeführt, jedoch hier mit ausgewiesen sind.

Wenn vom Jahre 1905 angefangen (Abb. 29) die Linie der Erzeugung der Verbundlokomotiven abermals eine lebhaft steigende Richtung annimmt, so ist dies nicht allein darauf zurückzuführen, daß der bedauerliche Stillstand in der Produktion überhaupt überwunden und daß vielleicht das durch ein gar zu siegesgewisses Vordringen der Heißdampflokomotive etwas erschüttert gewesene Vertrauen zu der Verbundlokomotive seither wieder etwas gestärkt worden ist, sondern auch auf ein Kompromiß der beiden Bauarten, von denen jede berufen ist, die Wirtschaftlichkeit des Verbrauches, sowie die Leistung der Lokomotive zu steigern.

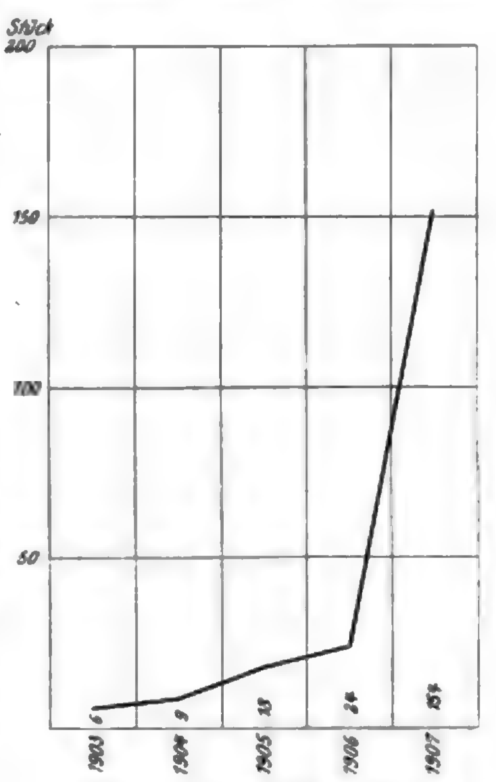


Abb. 31. Verbundlokomotiven mit Heißdampfeinrichtung.

Wie aus der umstehenden Zusammenstellung II hervorgeht, mehren sich in den letzten Jahren zusehends die Ausführungen, welche die Verwendung des überhitzten Dampfes und der Verbundwirkung in sich vereinigen.

Die Abb. 31 läßt das Ansteigen dieser Linie deutlich erkennen.

6. Verbundlokomotiven mit Überhitzereinrichtung.

Es kann heute als feststehend angesehen werden, daß sich die Leistung und die Wirtschaftlichkeit jeder Verbundlokomotive steigern läßt durch Überhitzung des vom Kessel kommenden oder auch des Verbinderdampfes. Zweifelhaft ist es dagegen, ob eine richtig gebaute und ebenso ausgenutzte Heißdampflokomotive sich noch wesentlich verbessern läßt durch Anwendung der Verbundanordnung und ob sich hier die größere Verwickelung der Einrichtung und die Verteuerung durch den Einbau von Anfahr- und Wechselvorrichtungen, durch Anbringung ungleich großer Zylinder und von Triebwerk mit verschiedenartigen Abmessungen, sowie die Vermehrung des Gewichtes der Lokomotive noch lohnt.

Nach Angaben von Vaughan über Versuche bei der Kanadischen Überland-Bahn[1]) soll eine Verbundlokomotive mit einer Überhitzung des Kesseldampfes um 100° die gleiche Kohlenersparnis ergeben haben wie eine Zwillinglokomotive mit einer Überhitzung um 100 bis 150°. Aus der Zu-

[1]) Glasers Annalen 1905, Bd. 57, Heft 11.

Zusammen-

Übersicht über die bis Mitte Februar 1908 bestellten mit Heißdampf-

Mit Einrichtung nach	1898						1899						1900						1901						1902					
	Zwillinglokomotiven	Verbund-lokomotiven				Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbund-lokomotiven				Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbund-lokomotiven				Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbund-lokomotiven				Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbund-lokomotiven				Zusammen
		2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-			2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-			2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-			2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-			2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	
Syst. „Schmidt"	2	.	.	.	.	2	—	.	.	.	.	—	4	.	.	.	.	4	1	.	.	.	.	1	28	.	.	.	.	28
„ „Pielock" .																														
„ „Ranafier"																														
Zusammen:	2	.	.	.	.	2	—	.	.	.	.	—	4	.	.	.	.	4	1	.	.	.	.	1	28	.	.	.	.	28

Anmerkung: Die Ausführungen von Verbundlokomotiven mit Dampftrockenkammer, System Gölsdorf, sind hier nicht einbezogen.

sammenstellung der Ergebnisse einer großen Anzahl vergleichender Beobachtungen in amerikanischen Betrieben[1]) ist indessen zu ersehen, daß die Verbundlokomotiven durchschnittlich nur etwa 2,5 v. H. weniger Kohlenverbrauch hatten als die ebenso wie diese mit Überhitzern verschiedener Bauart versehenen, damit in Vergleich gestellten Zwillinglokomotiven. Bei Ausschaltung der besonders ungünstigen Werte auf beiden Seiten verschwindet der Unterschied im Kohlenverbrauch ganz.

In neuester Zeit sind von J. A. Maffei in München große $^3/_5$-gek. Verbundschnellzuglokomotiven für die Bayerische Staatsbahn und ebensolche mit vier Zylindern für die Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn geliefert worden, welche einen vollständigen Schmidtschen Rauchröhrenüberhitzer neuester Bauart haben. Solche Versuche, die Leistungsfähigkeit großer, stark angestrengter Lokomotiven aufs äußerste zu steigern, dürfen das größte technische Interesse für sich beanspruchen, der Erfolg wird sich indessen erst durch längere Betriebserfahrungen feststellen lassen.

Es sind übrigens zwei verschiedene Standpunkte zu unterscheiden, je nachdem es sich darum handelt, ob bei der Ausführung einer Verbundlokomotive eine in ihrer Leistung gesteigerte oder wirtschaftlicher arbeitende Lokomotive neu geschaffen, oder ob eine im Betriebe befindliche Verbundlokomotive durch nachträgliche Anbringung einer Überhitzereinrichtung verbessert werden soll.

Während für neue Verbundlokomotiven der Schmidtsche Rauchröhrenüberhitzer vorwiegend in Frage kommt, wird auch bei vorhandenen Verbundlokomotiven mehrfach eine Einrichtung zur mäßigen Überhitzung

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1906, Heft 9.

Digitized by Google

stellung II
einrichtung versehenen Zwilling- und Verbundlokomotiven.

1903						1904						1905						1906						1907 bis Mitte Februar 1908					
Zwillinglokomotiven	Verbundlokomotiven: 2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbundlokomotiven: 2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbundlokomotiven: 2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbundlokomotiven: 2-Zylinder-	3-Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex-	Zusammen	Zwillinglokomotiven	Verbundlokomotiven: 2-Zylinder-	3 Zylinder-	4-Zylinder-	Duplex	Zusammen
49	3	.	.	.	52	112	.	.	.	.	112	469*	2	.	.	15	486	773†	.	.	4	15	792	1122	41	.	85	3	1251
7	3	.	.	.	10	6	3	.	6	.	15	13	.	.	1	.	14	18	.	.	5	.	23	25	10	.	2	.	37
																									13	.	.	.	13
56	6	.	.	.	62	118	3	.	6	.	127	482	2	.	1	15	500	791	.	.	9	15	815	1147	64	.	87	3	1301
	6						9						18						24						154				

* Darunter eine Doppelzwillinglokomotive.
† Darunter eine 3-Zylinder-Hochdruck- und sechs Doppelzwillinglokomotiven.

des Kesseldampfes oder auch zur Anwärmung des Verbinderdampfes verwendet, deren nachträglicher Einbau leichter und mit geringeren Kosten zu bewirken ist als die nachträgliche Anordnung eines Schmidtschen Überhitzers. Bei der Anbringung eines Schmidtschen Überhitzers an vorhandenen Verbundlokomotiven ist vor allem auch der Einbau von Dampfzylindern mit ensprechenden, meist größeren, Durchmessern nicht zu verabsäumen.

Die mäßige Überhitzung ist allerdings im Sinne des Erfinders und des Pflegers der Heißdampflokomotive überhaupt keine eigentliche Überhitzung mehr. Selbst bei Verwendung des stark überhitzten Dampfes nach dem Vorgange von Schmidt und Garbe tritt in einer Zwillinglokomotive gegen Ende der Dampfdehnung bei normaler Leistung der Taupunkt ein. Es hätte auch weniger Wert, die Überhitzung so weit zu treiben, daß der Dampf noch überhitzt aus den Zylindern entweicht, ganz abgesehen von den großen technischen Schwierigkeiten und dem Verlust an Heizfläche bei einer großen Lokomotive. Tritt nun der Dampf nur mit geringer Überhitzung in den Hochdruckzylinder einer Verbundlokomotive ein, so erfolgt vielleicht schon alsbald nach Beginn der Dampfdehnung im Hochdruckzylinder Niederschlag des Dampfes und der letztere kommt gesättigt und naß in den Niederdruckzylinder.

Trotzdem bringen diese Einrichtungen schon erheblichen Nutzen und sind allem Anscheine nach berufen, die Lebensdauer der Verbundlokomotive zu verlängern, während sie ohne solche Einrichtungen wohl heute schon als durch die Schmidt-Garbesche Heißdampflokomotive mit einfacher Dampfdehnung überholt bezeichnet werden darf.

a) Einrichtungen zur Überhitzung des Kesseldampfes.

Über die Einrichtung der Lokomotiven nach dem System Schmidt vgl. Bd. I, Garbe, Heißdampflokomotiven.

Hier sollen einige andere Anordnungen besprochen werden, in welcher Weise Verbundlokomotiven zur Anwendung von überhitztem Dampf einzurichten sind.

α) Gölsdorfs Dampftrockenkammer.

Die Einrichtung besteht darin, daß in einigem Abstand, im Mittel etwa 1 m, — bei großen Lokomotiven etwas mehr, bei kleinen etwas weniger, — hinter der Rauchkammerrohrwand eine zweite Rohrwand eingebaut ist (Abb. 32) und daß durch den so geschaffenen Raum hindurch der Kesseldampf zum Regler geleitet wird. Durch eine von oben her in die Trockenkammer eingebaute Trennungswand wird der Dampf genötigt, erst abwärts und dann aufwärts quer zu den Rohren zu ziehen.

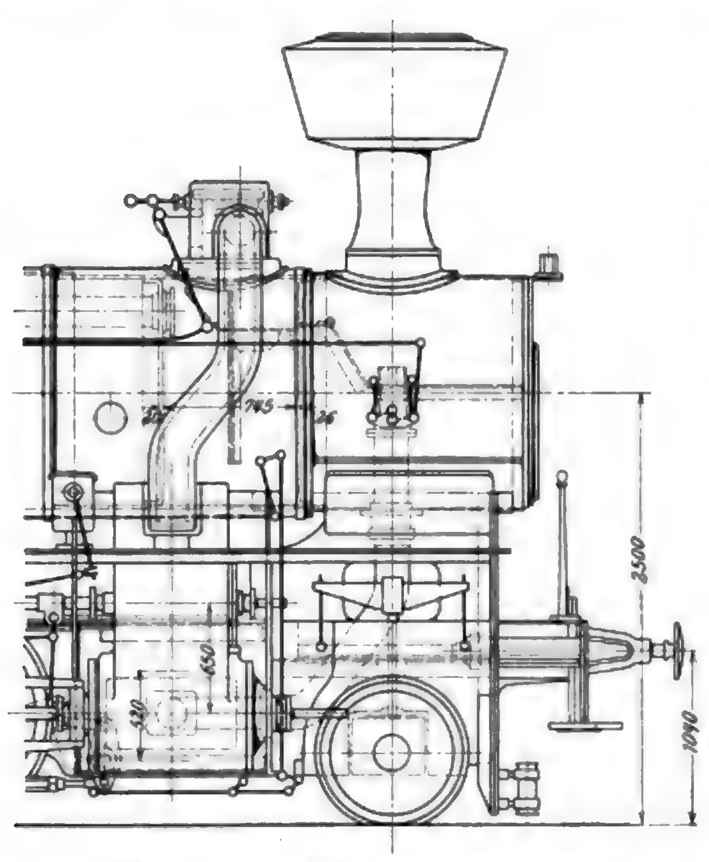


Abb. 32. Gölsdorfs Dampftrockenkammer.

Der Dampf wird auf diese Weise vollständig getrocknet und etwas überhitzt.

Die Anordnung hat sich technisch bewährt und erfüllt ihren Zweck. Eine Gefahr des Erglühens der Rauchröhren in dieser Überhitzerkammer besteht nicht, da die Rauchgase an dieser Stelle schon stark abgekühlt sind und der nasse, nur wenig Wärme noch aufnehmende Dampf in jedem Falle hinreichend abkühlend wirkt. Das Ein- und Ausbringen der Rauchröhren (Siederohre) des Kessels wird durch die neue Rohrwand nur unwesentlich erschwert, der Überhitzerraum läßt sich gut entwässern und die Vermehrung des Gewichtes und der Beschaffungskosten der Lokomotive ist gering.

Die Gölsdorfsche Dampftrockenkammer wird bisher bei etwa 90 bis 100 Lokomotiven zur Ausführung gekommen sein.

β) Dampftrockner von Clench.

Der Dampftrockner der Badischen Staatseisenbahnen, Bauart Clench, besteht aus einer der Gölsdorfschen ähnlich angeordneten, aber vierteiligen Trockenkammer im vordersten Kesselschuß.

Digitized by Google

γ) Pielock-Überhitzer.

Der Pielocksche Überhitzer besteht aus einer in den mittleren Teil des Langkessels eingebauten und von den sämtlichen Siederohren durchsetzten Kammer, die ebenfalls wieder von dem Kesseldampf auf dem Wege zum Regler durchströmt wird. In die Überhitzerkammer sind mehrere Trennungswände eingebaut, zwischen denen der Dampf auf und ab geführt wird. Zum Abschluß der Kammer sind zwei besondere Rohrwände erforderlich (Abb. 33). Beim Einwalzen der Siederohre ist hier schon

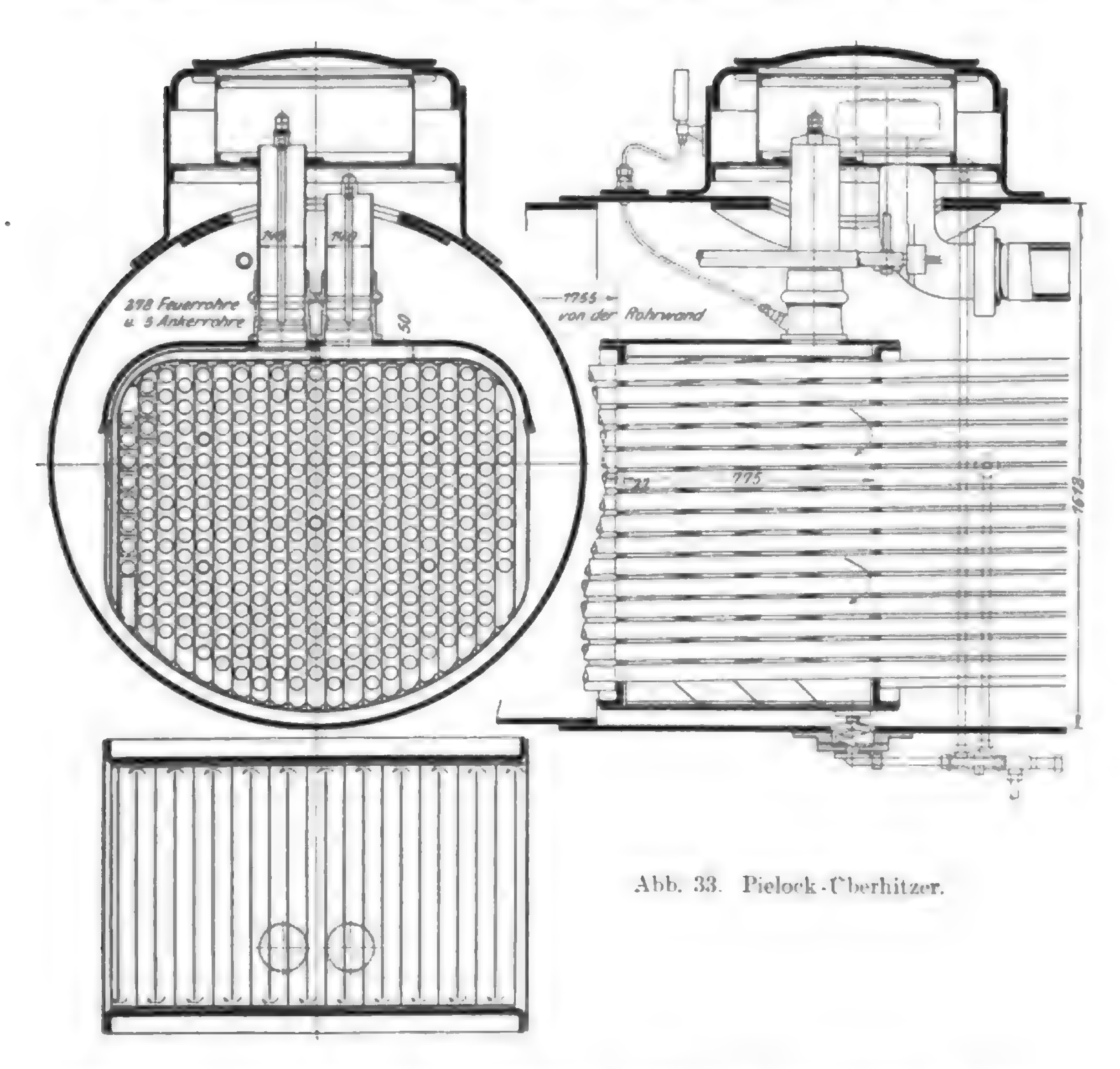


Abb. 33. Pielock-Überhitzer.

etwas mehr Aufmerksamkeit anzuwenden, damit die Rohrwalzen an die richtige Stelle kommen, indessen haben doch hier, ebenso wie bei der Gölsdorfschen Einrichtung, kleine Undichtheiten keine so große Bedeutung wie an der Rauchkammerrohrwand oder gar an der Feuerbüchsrohrwand, weil auf beiden Seiten dieser Kammerwände gleicher Druck herrscht und weil etwa durchtretendes Wasser alsbald verdampft wird. Es läßt sich mit dieser Einrichtung eine Überhitzung um 45° bis etwa 75° erreichen. Zur Verhinderung von Rostbildung durch einströmende Luft bei kaltem Kessel ist eine entweder selbständig wirkende oder vom Führerstande aus zu be-

dienende Einrichtung vorgesehen, mittels deren die Überhitzerkammer mit Wasser gefüllt werden kann, wenn der Lokomotivkessel außer Betrieb gestellt wird.

Abb. 33 stellt die neueste, bei Lokomotiven der Preußischen und der Schwedischen Staatseisenbahnen zur Ausführung gekommene Bauart des Pielockschen Überhitzers dar. Der zu überhitzende Dampf strömt durch das in den Dom hineinreichende Rohr in den Überhitzer, durchstreicht die senkrecht in demselben angeordneten Kammern, wie durch Pfeile an-

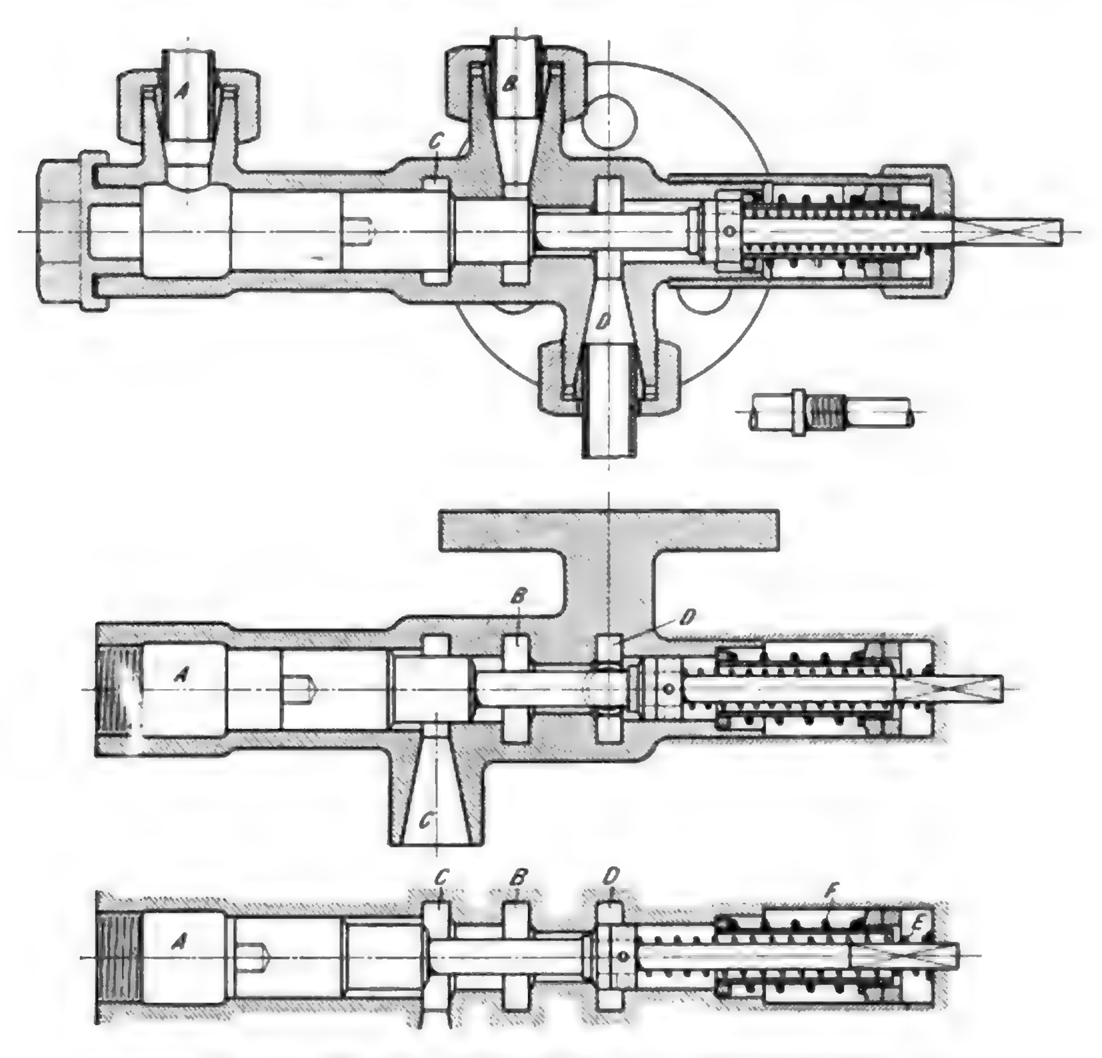


Abb. 34. Füll- und Ablaßvorrichtung des Pielock-Überhitzers.

gedeutet, und tritt dann in einen im Dom angebrachten Dampfsammler, in den der Regler eingebaut ist. Zwischen den Rohrreihen sind Bleche eingesetzt, durch welche der Dampf gegen die Heizfläche geführt und umgewirbelt wird. Die Kammerwände können sich der Erwärmung entsprechend frei ausdehnen. Die ganze Überhitzerkammer ist so angeordnet, daß sie den Bewegungen der Rohre, durch Biegungen und durch verschiedenartige Ausdehnung gegen den Langkessel, folgen kann.

Zum Ablassen des Druckwassers sowie zum Füllen und Entleeren des Überhitzers ist letzterer mit dem unteren Teile des Langkessels durch ein Spiralrohr verbunden. An dieses Rohr ist die selbsttätige Füll- und Ab-

Digitized by Google

laßvorrichtung (Abb. 34) angeschlossen. Durch diese Vorrichtung wird die Überhitzerkammer selbsttätig mit Kesselwasser, welches also keinen Kesselstein mehr absetzt, angefüllt, sobald der Kessel kalt wird. Bei Wiederinbetriebsetzung des Kessels wird die Überhitzerkammer mit Hilfe der Vorrichtung ebenso selbsttätig wieder entleert. Die Wirkung der Vorrichtung beruht auf dem selbsttätigen Spiel von Kolben, durch welche die Verbindung zwischen den Rohren *B*, *C* und *D* hergestellt oder unterbrochen wird, je nachdem der bei *A* auf dem Kolben lastende Kesseldruck kleiner oder größer wird als der entgegengesetzt wirkende Druck der beiden Spiralfedern *E* und *F*. Die Vorrichtung ist durch das Rohr *C* mit dem Wasserraum, durch *A* mit dem Dampfraum des Kessels, durch *B* mit der Überhitzerkammer und durch *D* mit dem Wasserbehälter des Tenders oder mit der freien Luft verbunden.

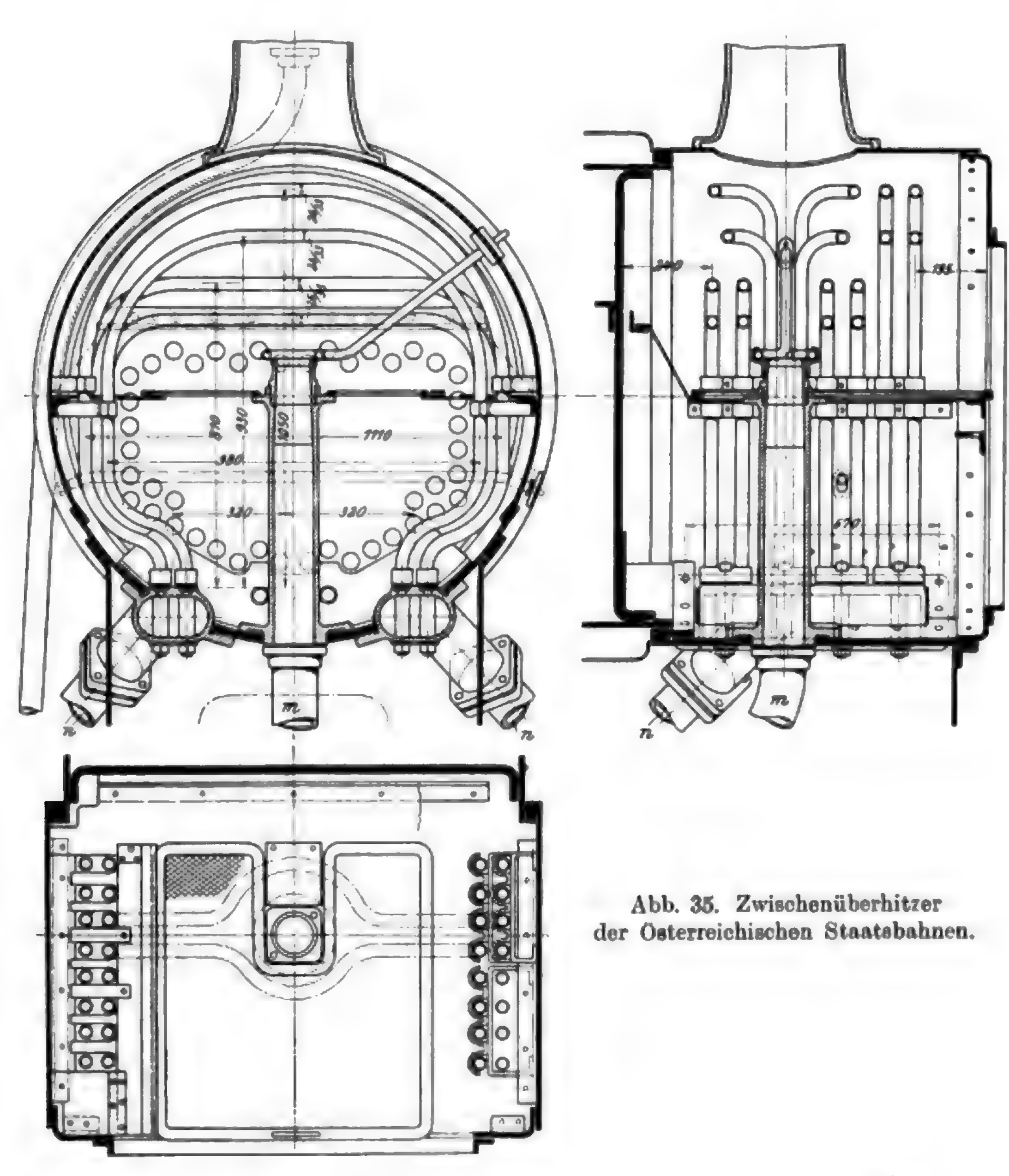


Abb. 35. Zwischenüberhitzer der Österreichischen Staatsbahnen.

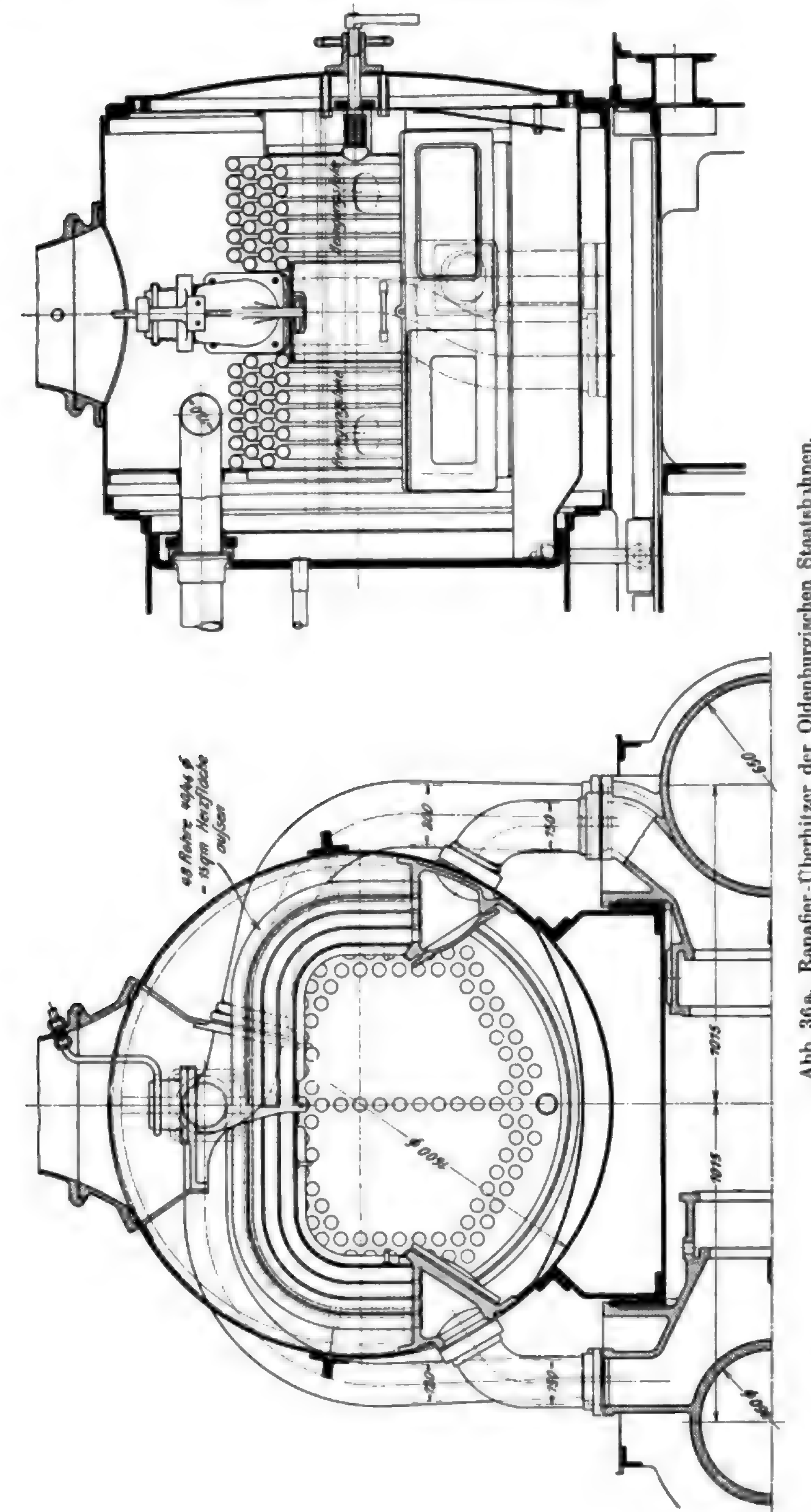


Abb. 36a. Ranafier-Überhitzer der Oldenburgischen Staatsbahnen.

b) Einrichtungen zur Anwärmung des Verbinderdampfes.

α) Ein bei einer kleinen Lokomotive der Österreichischen Staatsbahnen getroffene Einrichtung zur Anwärmung des Verbinderdampfes zeigt Abb. 35. Der, wie gewöhnlich, in die Rauchkammer eingebaute Verbinder ist hier in eine Anzahl enger Rohre aufgelöst.

β) Ähnlich ist die Anordnung des Zwischenüberhitzers Bauart Ranafier der Oldenburgischen Staatsbahnen (Abb. 36a und b). Die Überhitzerrohre sind in zwei Gruppen, die eine vor, die andere hinter dem Blasrohr, angeordnet. Die Enden der Rohre sind in je einem Stahlformgußkasten rechts und links der Lokomotive durch Anwalzen und Umbörteln befestigt. Die beiden Rohrgruppen werden von dem aus dem Hochdruckzylinder austretenden Dampfe auf dem Wege zum Niederdruckzylinder nacheinander durchströmt. In dem oben zwischen den Rohrgruppen und den Rauchkammerwänden freibleibenden Raume sind Abschlußbleche eingebaut, im übrigen ist durch die Anordnung der Rohre ein Funkenfänger entbehrlich gemacht. Die Rauchkammer ist oberhalb der Mitte geteilt, um den Überhitzer einbauen zu können.

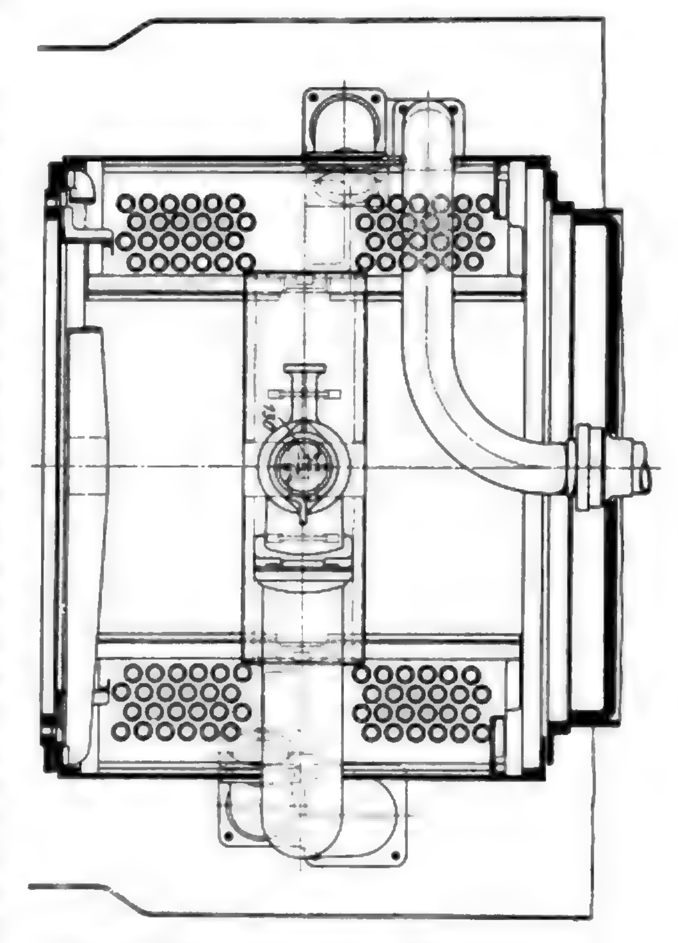


Abb. 36b. Grundriß des Ranafier-Überhitzers.

Der abgebildete Ranafiersche Überhitzer oder Dampftrockner gehört zu einer 3/3-gek. Verbundgüterlokomotive mit Tender der Oldenburgischen Staatsbahnen. Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind:

Zylinderdurchmesser	460/650 mm	feuerberührte Heizfläche	
Kolbenhub	630 „	in der Feuerbüchse	7,67 qm
Triebraddurchmesser	1340 „	in den Rohren	105,00 „
Dampfüberdruck	12 at	insgesamt	112,67 „
Rostfläche	1,53 qm	Dienstgewicht	41 t

Der Überhitzer für diese Lokomotive besteht im ganzen aus 48 nahtlosen Eisenrohren von 40/46 mm Durchmesser mit einer inneren Oberfläche von 11,7 qm und einer äußeren von 13,44 qm. Der Durchtrittsquerschnitt für den Dampf ist = 60319 qmm oder gleich dem 3,4 fachen

des Querschnitts des Hochdruckausström- und des Niederdruckeinströmrohrs. Der gesamte Inhalt des aus den Rohren und den beiden Dampfsammelkasten gebildeten Verbinders ist = 0,167 cbm oder gleich rund dem 1,6 fachen des Inhalts des Hochdruckzylinders.

γ) Bei Güterlokomotiven der Sächsischen Staatseisenbahnen wird ein aus Rohrkrümmern zusammengesetzter, in der Rauchkammer untergebrachter Zwischenüberhitzer angewendet[1]), der sich bewährt hat. Dieser Zwischenüberhitzer oder Dampftrockner dient gleichzeitig als Funkenlöscher.

7. Neuere Ausführungen von Verbundlokomotiven.

Die Bauart der zweizylindrigen Verbundlokomotiven steht schon lange auf dem Höhepunkt ihrer Entwicklung. Neu hinzugekommen sind in den letzten Jahren — außer vereinzelten Ausführungen von Doppelzwillinglokomotiven — verschiedene Arten von Vierzylinderverbundlokomotiven, die in Fachzeitschriften zahlreich ausführliche Besprechung erfahren haben. Es seien deshalb hier nur einige neuere Ausführungen von Verbundlokomotiven in ihren Grundlinien und den wesentlichsten Abmessungen dargestellt, nachdem die Anordnung der Zylinder und der Triebachsen der wichtigsten Vierzylinderverbundlokomotiven schon in den Abb. 1—4 schematisch angegeben worden ist.

1. $^2/_5$-gek. Doppelverbundschnellokomotive der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung ($\frac{2}{5}$ *P* 4 *v*), Bauart v. Borries, ausgeführt von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. (Abb. 37). Bei dieser Lokomotivgattung war ein Raddruck von 8 t für die gekuppelten Achsen vorgesehen. An Stelle der bei ähnlich gebauten Lokomotiven früher verwendeten Serverohre sind 272 glatte Rohre von 50/55 mm Durchmesser und 5200 mm Länge genommen worden. Die Rostfläche ist gegen frühere Lokomotiven gleicher Gattung von 2·7 auf 4 qm vergrößert worden. Die feuerberührte Heizfläche beträgt insgesamt 235 qm, davon 13·7 qm in der Feuerbüchse. Das Verhältnis: $\frac{\text{Rohrquerschnitt}}{\text{Rostfläche}}$ ist = 0·134. Die Niederdruckzylinder sind innen, die Hochdruckzylinder außen angeordnet, die Zylinderdurchmesser betragen 370/580 mm, der Kolbenhub 600 mm, der Triebraddurchmesser 1980 mm, der Dampfdruck 14 at. Die vier Kolbenschieber haben sämtlich doppelte Einströmung, und zwar die Hochdruckschieber, mit nur 150 mm Durchmesser, innere, die Niederdruckschieber, mit 240 mm Durchmesser, äußere Einströmung. Die Schieberstangen sind an beiden Enden geführt.

Das Dienstgewicht der Lokomotive ohne Tender beträgt 73 t, wovon 25 t auf das vordere Drehgestell und je 16 t auf die Trieb- und Kuppelachse sowie auf die hintere Laufachse kommen. Der Dom ist auf den hinteren Schuß des Langkessels gesetzt, damit der Dampf nicht zu weit über die Wasserfläche zu streichen braucht. Der Dampfraum ist gegen früher von 1·2 auf 1·5 cbm, die Verdampfungsoberfläche von 7·66 auf 9·68 qm vergrößert. Das Verhältnis: $\frac{\text{Verdampfungsoberfläche}}{\text{Heizfläche}}$ ist = 0·0412.

[1]) Rühl, Neuere Bestrebungen im Lokomotivbau, Zürich 1905.

Die Kessel machen gut Dampf bei einem Luftunterdruck von 80 bis 100 mm Wassersäule in der Rauchkammer. Der Raum zwischen den beiden Feuertüren ist zur Erzielung eines guten Wasserumlaufs so breit angeordnet, daß drei Stehbolzenreihen darin angebracht werden konnten. Die Speiseventile sitzen oben auf dem Kessel.

Um gutes Anfahren zu erreichen, ist die größte Füllung der Hochdruckzylinder zu 65 bis 70 v. H., die der Niederdruckzylinder zu 91 v. H. angenommen. Die Anfahrvorrichtung ist die auf S. 266 unter ϑ) beschriebene. Das Verhältnis der Länge der Pleuelstangen zur Länge der Kurbelarme ist = 7·76 : 1.

Die Vorderwand des Führerhauses und die Tür der Rauchkammer sind als Windschneiden ausgebildet. Die Fenster in der Führerhausvorderwand sind in besondere Nischen senkrecht zur Längsachse der Lokomotive eingebaut. Vor der Ebene der Fenster ist innerhalb des Führerhauses eine senkrechte Wand gezogen, so daß die Spitze des Führerhauses oberhalb des Kessels einen toten Raum bildet, um Wärmestrahlung des Kessels nach innen zu verhindern. Der im Führerhause liegende Kesselteil, die Dampfzylinder und die Schieberkasten sind mit Asbest umkleidet. Der Schornstein hat einen abnehmbaren, bis 4570 mm über Schienenoberkante reichenden Aufsatz, um den Dampf über das Führerhaus hinwegzuführen. Das Dach des Führerhauses ist mit einem Lüftungsaufbau versehen.

Abb. 37. $^{2}/_{5}$-gek. Doppelverbundschnellokomotive ($\frac{2}{5}$ *P* 4 *v*), erbaut 1908 für die Preuß. Staatsbahnen von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G.

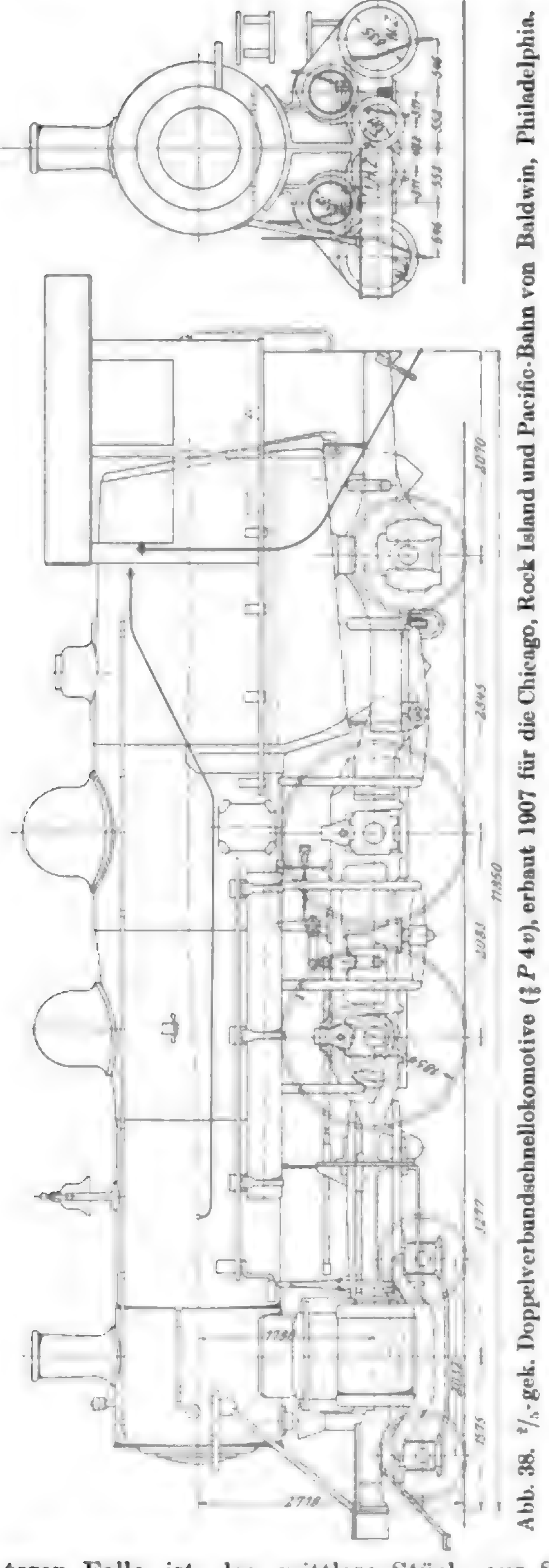


Abb. 38. $^2/_5$-gek. Doppelverbundschnellokomotive ($\frac{2}{5}$ *P* 4 *v*), erbaut 1907 für die Chicago, Rock Island und Pacific-Bahn von Baldwin, Philadelphia.

Beide Achsen des vorderen Drehgestells sind gebremst.

Die Tender haben Wasserbehälter von 30 cbm Inhalt, um mit den rund 450 t schweren D-Zügen von Hannover nach Berlin (254 km) ohne Aufenthalt durchfahren zu können.

2. $^2/_5$-gek. Doppelverbundschnellokomotive ($\frac{2}{5}$ *P* 4 *v*) der Chicago-, Rock Island- und Pacific-Bahn, gebaut von den Baldwinschen Lokomotivwerken in Philadelphia (Abb. 38). Die Lokomotive ist auch schaubildlich dargestellt durch Abb. 4 auf S. 23, und sind auch dort ihre Hauptabmessungen unter lfd. Nr. 34 angegeben. Die Zylinder sind nach der Bauart Vauclain angeordnet. Das Werk hat bis zum 1. April 1907 schon 344 Lokomotiven dieser Bauart in Bestellung gehabt. Die vier Zylinder liegen in einer Reihe nebeneinander, mit ihren Mittellinien in gleicher Höhe, die beiden Hochdruckzylinder zwischen den Rahmen, die Niederdruckzylinder außen. Je ein Zylinderpaar bildet ein einziges Gußstück. Die Dampfverteilung erfolgt durch je einen Kolbenschieber für jedes Zylinderpaar, mit Stephensonscher Steuerung. Die Exzenter sind auf der Kuppelachse angeordnet, die Übertragung der Bewegung erfolgt mittels einer Zwischenwelle. Die Kurbelachse ist aus einem Stück geschmiedet, mit aufgeschrumpften Verstärkungsbändern auf den Kurbelarmen. Das Werk verwendet indessen auch aus mehreren, bis zu sieben Teilen zusammengesetzte Kurbelachsen. Im letzteren Falle ist das mittlere Stück aus Stahlguß gefertigt, die einzelnen Teile werden auf der Wasserdruckpresse zusammengefügt. Der Kessel der

Digitized by Google

abgebildeten Lokomotive einschließlich Feuerbüchse ist vollständig aus Flußeisen gefertigt. Die breite Feuerbüchse liegt über der rückwärtigen Laufachse, welche äußere, in Nebenrahmen geführte, Achslager hat. Der Tender faßt 26,5 cbm Wasser und 12 t Kohlen.

3. $^{3}/_{5}$-gek. Doppelverbundüberhitzerschnellokomotive der Französischen Westbahn mit Schmidtschem Rauchröhrenüberhitzer ($\frac{3}{5}$ *P* 4 *v h*), ausgeführt von Henschel & Sohn in Cassel (Abb. 39). Die Grundform der Lokomotive entspricht der bei den französischen Bahnen fast allgemein üblichen Bauart der Schnellzuglokomotiven mit Naßdampf. Die Niederdruckzylinder sind innen, die Hochdruckzylinder außen angeordnet. Der Kessel ist mit Serverohren ausgestattet, der Schmidtsche Überhitzer ist in 21 Stück weite Rauchröhren eingebaut. Die Feuerbüchsheizfläche ist bei diesen Lokomotiven verhältnismäßig groß. Die Klappen, mittels deren den Feuergasen der Durchgang zum Überhitzer freigegeben werden kann, werden durch

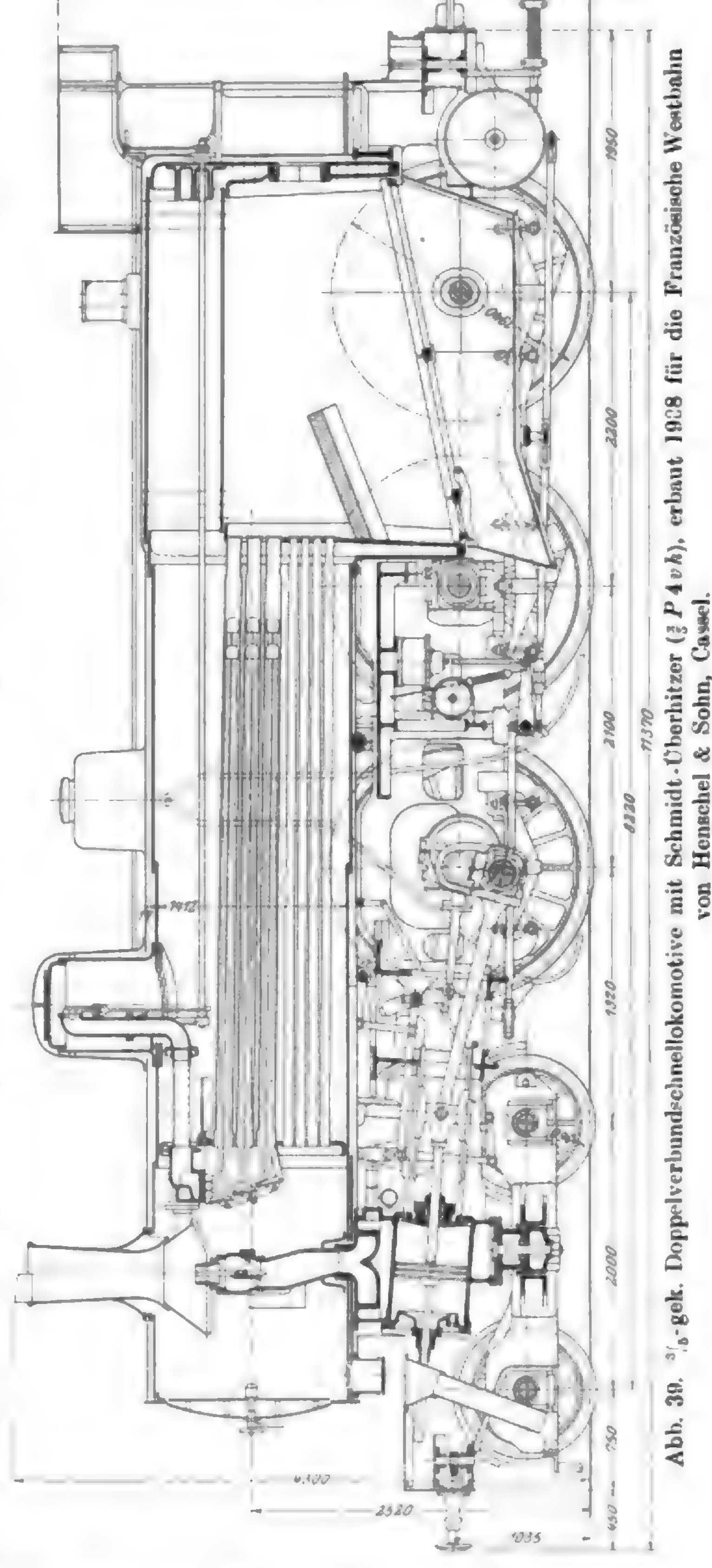


Abb. 39. $^{3}/_{5}$-gek. Doppelverbundschnellokomotive mit Schmidt-Überhitzer ($\frac{3}{5}$ *P* 4 *v h*), erbaut 1908 für die Französische Westbahn von Henschel & Sohn, Cassel.

einen kleinen Dampfzylinder gesteuert, der beim Öffnen des Reglers selbsttätig in Wirksamkeit tritt. Die feinere Einstellung der Klappen erfolgt

vom Heizerstande aus durch Handrad und Spindel. Das Blasrohr hat einen senkrecht verstellbaren Kopf.

Die Lokomotiven sind mit einer Wechselvorrichtung versehen, so daß sie im Bedarfsfalle dauernd mit frischem Kesseldampf in sämtlichen Zylindern arbeiten können.

Die wichtigsten Bauverhältnisse der mit Überhitzern versehenen Lokomotiven sind folgende:

Zylinderdurchmesser	380/550 mm,
Kolbenhub	640 „
Triebraddurchmesser	1940 „
Dampfdruck	15 at,
Gesamtheizfläche des Kessels	135 qm,
Überhitzerfläche	38 „
Rostfläche	2·75 „
Dienstgewicht	70·1 t.

Abweichend hiervon ist bei den gleichartig gebauten Lokomotiven mit Naßdampf:

der Durchmesser der Hochdruckzylinder	= 350 mm,
die Gesamtheizfläche des Kessels	= 164 qm,
das Dienstgewicht	= 68·3 t.

Die Steuerung ist in beiden Fällen die Heusingersche (Walschaertsche), die Schieber sind als Kolbenschieber ausgeführt. Die Zugkraft wird für die Naßdampflokomotiven zu 6000 kg, für die Heißdampflokomotiven zu 6450 kg angegeben.

4. $^3/_6$-gek. Doppelverbundüberhitzerschnellokomotive der Badischen Staatsbahnen mit Schmidtschem Rauchröhrenüberhitzer ($\frac{3}{6}$ *P 4 v h*), ausgeführt von J. A. Maffei in München (Abb. 40). Die Lokomotive befördert schwere Schnellzüge auf der nur schwach geneigte Strecken enthaltenden badischen Rheintallinie Mannheim— und Heidelberg—Basel, sowie auf der lange Steigungen bis zu 20 v. T. (1:50) enthaltenden Strecke Offenburg—Triberg—Konstanz der badischen Schwarzwaldbahn. Bei Probefahrten mit einem Zuge von 460 t Wagengewicht wurde auf einer längeren Steigung von durchschnittlich 4·2 v. T. (1:24) eine Fahrgeschwindigkeit von 80 bis 90 km/st, auf ebenen und auf schwach geneigten Strecken eine solche von 90 bis 100 und stellenweise bis zu 110 km/st erreicht[1]).

Die beiden Niederdruckzylinder von 650 mm Durchmesser und 670 mm Kolbenhub sind außerhalb der Rahmen wagerecht angeordnet, die beiden Hochdruckzylinder von 425 mm Durchmesser und 610 mm Kolbenhub sind innerhalb der Rahmen, über dem vorderen Drehgestell und deshalb geneigt, dicht unterhalb der Rauchkammer eingebaut. Die Kolben sämtlicher Zylinder wirken auf die mittlere Triebachse, das Verhältnis der Länge der Kurbelarme zu der der Pleuelstangen beträgt 1:9·2 beim Hochdruckzylinder und 1:9·6 beim Niederdruckzylinder. Nur die Niederdruckschieber mit äußerer Einströmung und doppelten Einströmkanälen werden unmittelbar von der Steuerung aus angetrieben, während die gegenläufigen Hochdruckschieber mit innerer Einströmung und einfachen Einströmkanälen ihren Antrieb mittelbar von einer Zwischenwelle aus unter Umkehrung der Bewegung erhalten. Die Schieber haben sämtlich federnde

---

1) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 567.

Digitized by Google

Ringe. Die Pleuelstangen und die mittlere Triebachse sind aus Nickelstahl gefertigt.

Die Anfahrvorrichtung besteht aus einem selbsttätig bei etwa 68 v. H. Zylinderfüllung sich öffnenden Hilfshahn für den Verbinder und je zwei ebenfalls selbsttätigen kleinen Anfahrventilen, durch welche in jeder Kolbenstellung frischer Dampf, ohne Durchtritt durch die Schieber, unmittelbar in die Niederdruckzylinder eingelassen werden kann.

Das Längenverhältnis der Ausgleichhebel zwischen den Triebachsen und der hinteren Laufachse kann durch ein mittels eines Dampfkolbens zu bewegendes Gestänge im Bedarfsfalle so verändert werden, daß die Belastung der Triebräder um etwa 3 t steigt.

Die Hauptrahmen sind als Barrenrahmen aus schweißbarem Flußeisen, und zwar aus je einem einzigen Stück über die ganze Länge hergestellt. Die breite Feuerbüchse tritt nach beiden Seiten weit über die Rahmen hinaus, die durch den Aschkasten hindurchgeführt sind. Der Überhitzer ist auf 25 Rauchröhren verteilt. Die Rauchkammer hat die erhebliche Länge von 2·865 m. Der Kessel ist aus Flußeisen gefertigt.

Die feuerberührte Heizfläche der Feuerbüchse und der Rohre beträgt zusammen 208·72 qm, die Überhitzerfläche 50 qm, die Rostfläche 4·5 qm.

Das Dienstgewicht der Lokomotive allein beläuft sich auf 88·3 t, das des Tenders auf 50 t, einschl. 20 cbm Wasser und 7 t Kohlen. Der Gesamtradstand der Lokomotive und des Tenders zusammen ist = 18·35 m, die gesamte Länge, über die Puffer gemessen = 21·11 m.

Abb. 40. 3/6-gek. Doppelverbundschnellokomotive mit Schmidt-Überhitzer (3/6 P 4 vh), erbaut 1907 für die Badischen Staatsbahnen von J. A. Maffei, München.

Sämtliche Räder der Lokomotive und des vierachsigen Tenders können gebremst werden, der größte Bremsdruck beträgt 62 v. H. des Gewichts der Lokomotive und des Tenders zusammengenommen. Außer der selbsttätigen ist auch die nichtselbsttätige Westinghousebremse angeordnet. Der Tender hat oben an jeder Seite eine 3·5 m lange Rinne zur Erleichterung der Einnahme von Wasser (Bauart Gölsdorf).

5. $^3/_4$-gek. Verbundüberhitzergüterlokomotive ($\frac{3}{4}$ *G* 2 *v h*) der Österreichischen Staatsbahnen mit zwei Zylindern, gebaut von der Wiener Lokomotivfabrik A.-G. in Floridsdorf (Abb. 41).

Eine sowohl für Güter- als auch für Personenzüge gleich gut verwendbare Lokomotive, die mit ihren Triebrädern von 1258 mm Durchmesser bis zu einer Geschwindigkeit von 80 km/st ruhig läuft. Diese Bauart ist bei den Österreichischen Staatsbahnen in zahlreichen Ausführungen

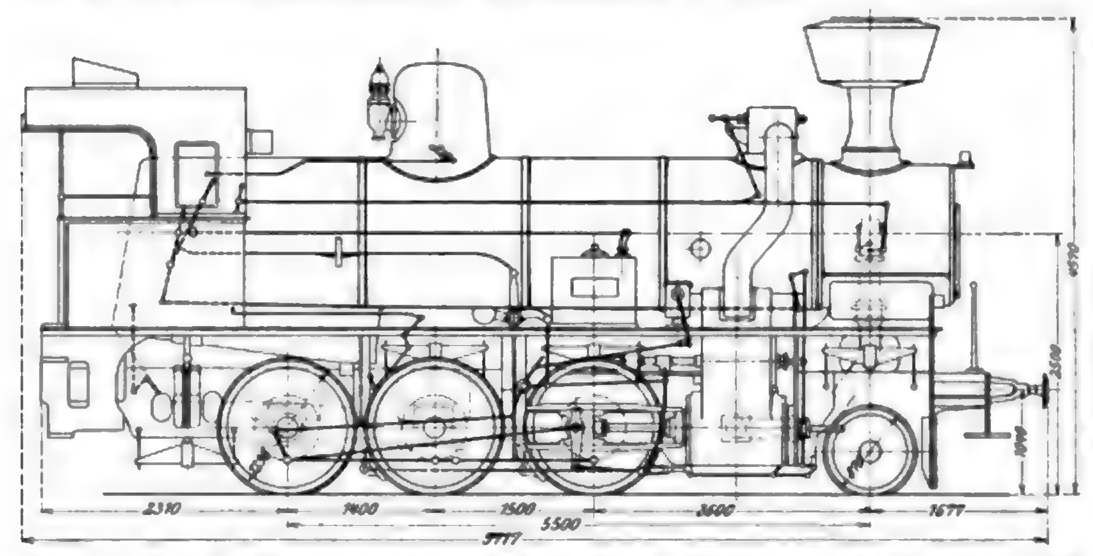


Abb. 41. $^3/_4$-gek. Verbundgüterlokomotive mit Pielock-Überhitzer ($\frac{3}{4}$ *G* 2 *v h*), erbaut 1908 für die Österr. Staatsbahnen von der Wiener Lokomotivfabrik-A.-G., Wien-Floridsdorf.

beschafft, ursprünglich (1906) als gewöhnliche Verbundlokomotive, später mit Gölsdorfs Dampftrockenkammer. Zuletzt sind derartige Lokomotiven mit der Überhitzereinrichtung von Pielock ausgeführt worden.

Den Abmessungen der Zylinder von 520/740 mm Durchmesser bei einem Kolbenhub von 632 mm entsprechen reichliche Abmessungen des Kessels.

Rostfläche	2·7 qm
Gesamtheizfläche	141·7 „
davon Überhitzerfläche	17·9 „
Betriebsspannung	13 at.

Der Achsdruck von $14^1/_2$ Tonnen ist nicht überschritten, daher beträgt

das Reibungsgewicht nur	43·1 t
„ Gesamtgewicht „	53·45 „

6. $^4/_5$-gek. Doppelverbundüberhitzergüterlokomotive ($^4/_5$ *G* 4 *v h*) der Badischen Staatsbahnen (Abb. 42) mit 395/635 mm Zylinderdurchmesser, 640 mm Kolbenhub und 1350 mm Triebraddurchmesser, gebaut von der Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe.

Die Lokomotive hat eine einstellbare vordere Laufachse Bauart Adams-Webb mit einer Verschiebbarkeit von 65 mm nach jeder Seite. Die zweite

Digitized by Google

und vierte gekuppelte Achse sind um je 25 mm seitlich verschiebbar. Es sind zwei getrennte Triebwerke vorhanden, die außerhalb der Rahmen liegende Heusinger-Steuerung hat jedoch im ganzen nur zwei Schwingen. Die Dampfzylinder liegen vorn nebeneinander, die Hochdruckzylinder stark geneigt innen, die Niederdruckzylinder, nahezu wagerecht, außen. Die dritte gekuppelte Achse ist gemeinsame Triebachse. Je ein Hoch- und Niederdruckzylinder sind aus einem Stück angefertigt. Die Schieber sind sämtlich als Kolbenschieber ausgeführt, die zusammen arbeitenden Hoch- und Niederdruckschieber auf einer gemeinsamen Schubstange angebracht. Die Anfahrvorrichtung ist zwangläufig mit der Steuerung verbunden. Die Rahmen sind einteilige Barrenrahmen.

Der Kessel ist vorn mit den Dampfzylindern fest verschraubt und mit dem Feuerbüchsrahmen, verschiebbar und gegen Abheben gesichert, auf Querverbindungen der Barrenrahmen gelagert. Der Langkessel wird durch zwei Querbleche unterstützt, die mit den Kesselblechen und dem Rahmen fest verbunden aber hinreichend nachgiebig sind, um der Ausdehnung des Kessels folgen zu können.

Abb. 42. $^4/_5$-gek. Doppelverbundgüterlokomotive mit Clench-Dampftrockner ($^4/_5$ G 4 *vh*), erbaut 1907 für die Badischen Staatsbahnen von der Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe.

Der Langkessel hat im vorderen Schuß eine vierteilige Dampftrockenkammer Bauart Clench. Die nicht saugenden Friedmannschen Speisepumpen sind unter dem Führerstand angeordnet. Der als doppelsitziges entlastetes Ventil ausgeführte Regler ist in die Dampftrockenkammer eingebaut.

Von den 340 Stück Rohren, zwischen den Rohrwänden 3650 mm lang

sind 332 als Siederohre mit 47/52 mm und 8 Stück als Ankerrohre mit 38/50 mm Weite bemessen. Die feuerberührte Heizfläche der Feuerbüchse beträgt 13 qm, die der Siederohre außerhalb des Dampftrockners 182 qm — die gesamte Kesselheizfläche demnach 195 qm —, die Heizfläche des Dampftrockners 50 qm. Der Rost von 3·75 qm Fläche hat im mittleren Teile eine Kippvorrichtung.

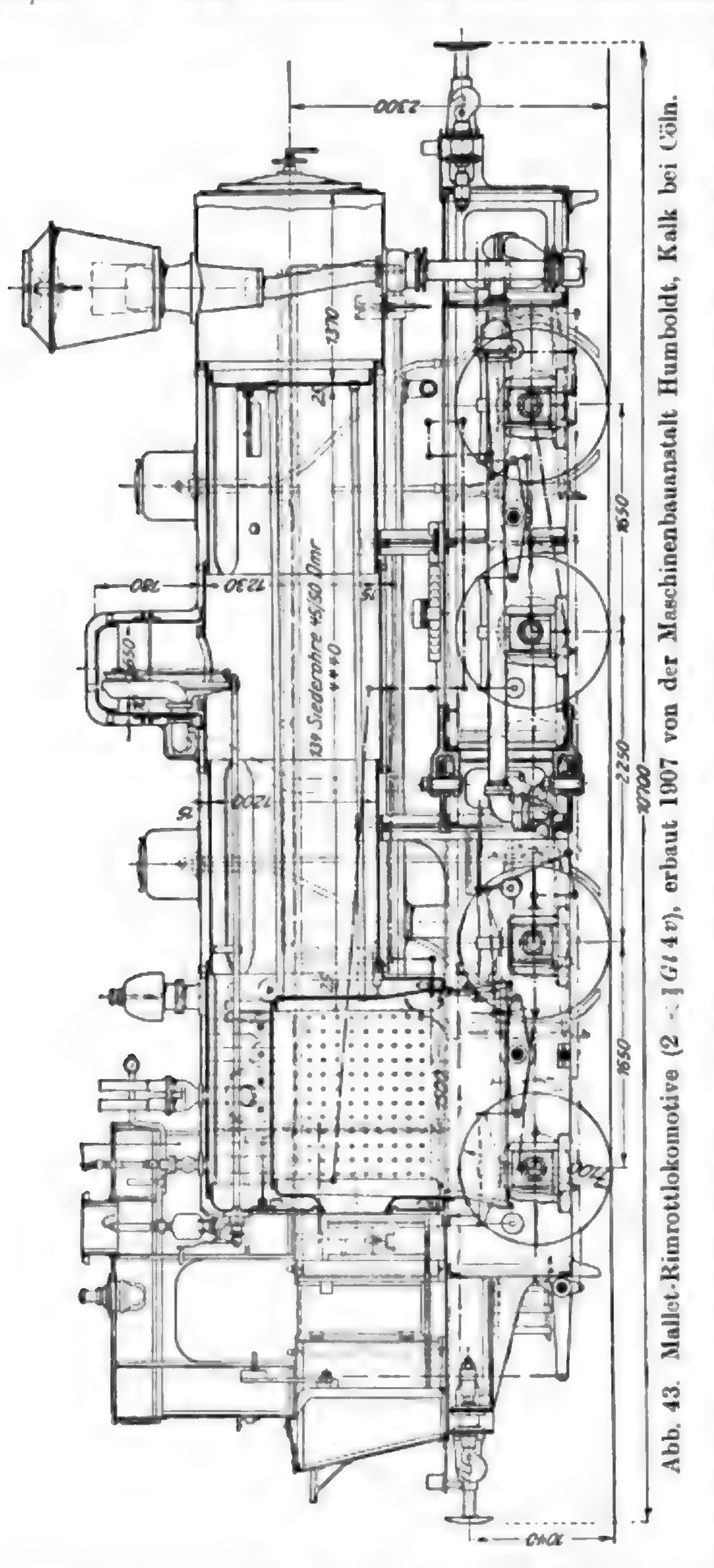


Abb. 43. Mallet-Rimrottlokomotive (2 × $\frac{2}{2}$ *Gt 4 v*), erbaut 1907 von der Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Cöln.

Der Dampfüberdruck beträgt 16 at, die größte dauernd auszuübende Zugkraft wird auf 12200 kg berechnet. Die größte Fahrgeschwindigkeit beträgt 55 km/st, der Wasservorrat des Tenders 20 cbm, der Kohlenvorrat 7 t.

Die Tragfedern der beiden hinteren Achsen und die der drei vorderen Achsen sind je untereinander durch Ausgleichhebel verbunden, sodaß die abgefederte Last auf vier Punkten ruht.

Das Dienstgewicht der Lokomotive beträgt 78·2 t, wovon 67·7 t auf die gekuppelten Achsen kommen, das Dienstgewicht des vierachsigen Tenders beträgt 51 t.

7. Zweifach $^2/_2$-gek. Verbundtenderlokomotive, Bauart Mallet-Rimrott (2 × $\frac{2}{2}$ *Gt 4 v*), ausgeführt von der Maschinenbauanstalt Humboldt in Kalk bei Cöln, für den Dienst im Braunkohlenbezirke des Vorgebirges bei Cöln bestimmt und dementsprechend für die Feuerung mit Braunkohlenbriketts eingerichtet (Abb. 43).

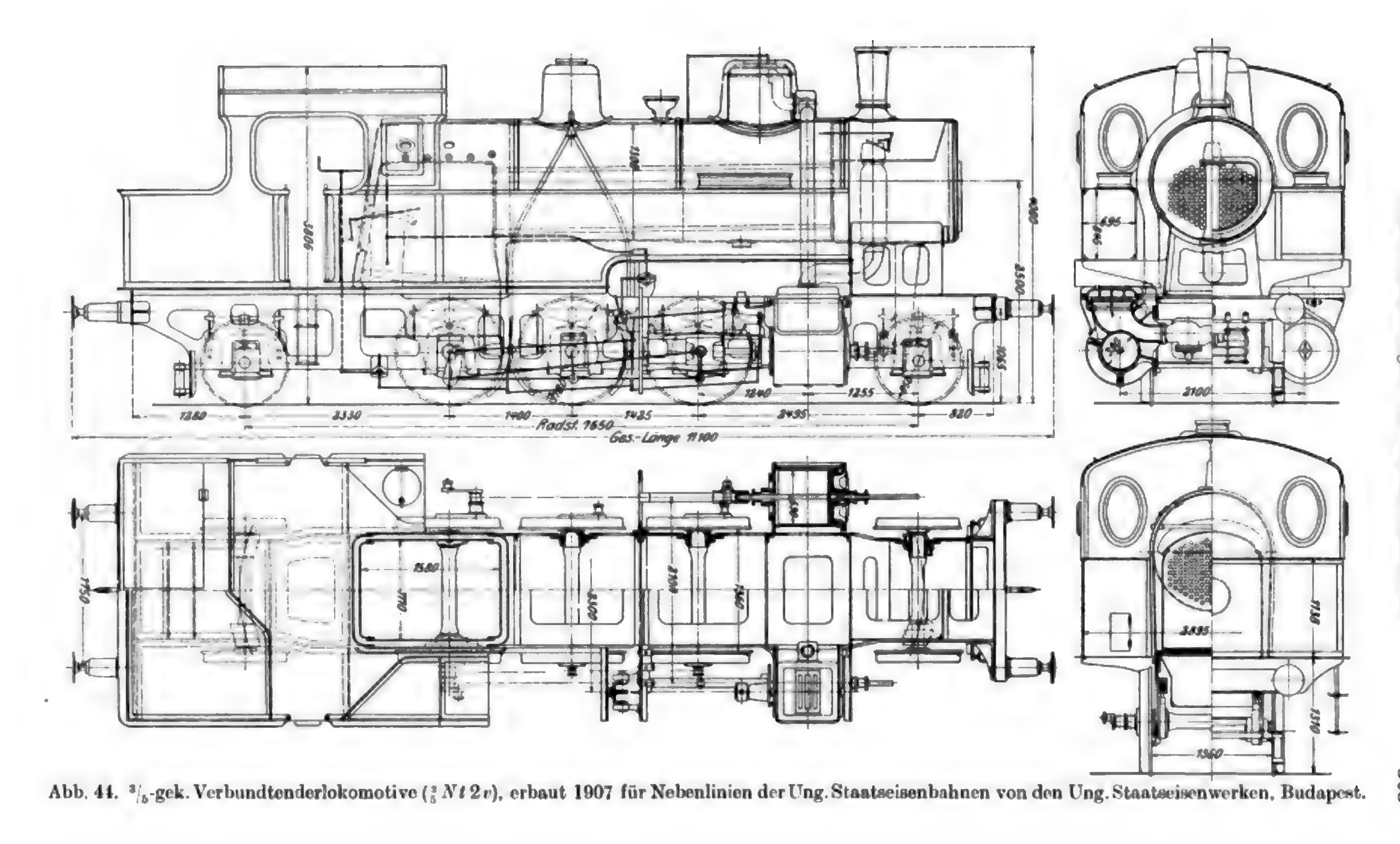


Abb. 44. $^3/_5$-gek. Verbundtenderlokomotive ($\frac{3}{5}$ $N\,t\,2\,v$), erbaut 1907 für Nebenlinien der Ung. Staatseisenbahnen von den Ung. Staatseisenwerken, Budapest.

Digitized by Google

Bei einem Gesamtradstand von 5550 mm und einem Raddurchmesser von 1100 mm beträgt die ganze Länge der Lokomotive 10 700 mm.

Den Zylindern sind Durchmesser von 330 und 500 mm und ein Hub von 500 mm zugemessen. Dampfspannung 14 kg/qcm. Die Rostfläche beträgt bei 6 mm Spaltenweite 1·8 qm, die Heizfläche (feuerberührt) 90·66 qm, daher das Verhältnis $\frac{H}{R} = 50$. Bei halbgefüllten Behältern, die 4 cbm Wasser und 2 t Kohle aufnehmen können, ist das Dienstgewicht der Lokomotive 47·3 t. Sie durchfährt zwanglos Krümmungen bis 80 m Halbmesser und fördert mit $12^1/_2$ km Stundengeschwindigkeit auf horizontaler Strecke 2220 t.

8. $^3/_5$-gek. Verbundtendernebenbahnlokomotive ($\frac{3}{5}$ *Nt* 2 *v*) mit zwei Zylindern und mit vorderer und hinterer Laufachse der Ungarischen Staatseisenbahnen, gebaut von den Ungarischen Staatseisenwerken (Abb. 44).

Die erste Lokomotive dieser Art wurde im Oktober 1907 fertiggestellt. Die Lokomotiven dieser Gattung sind bestimmt, die $^3/_5$-gek. Zweizylinderverbundlokomotiven der Ungarischen Staatsbahnen mit zweiachsigem Schlepptender zu ersetzen und auch teilweise den Verschiebedienst zu versehen. Der Langkessel ist aus einem Stück, mittels Wassergas geschweißt, hergestellt. Die kupferne Feuerbüchse ist nach der Bauart Polonceau ausgeführt. Oberhalb jedes ⊔-förmigen Deckenstreifens ist ein Queranker im Kessel angebracht. Die Stehbolzen der äußeren senkrechten Reihen und der drei oberen Reihen der Seitenwände sind aus Phosphorbronze hergestellt. Der ganze Kessel liegt über dem Rahmen. Der Langkessel stützt sich vorne auf den aus Blech und Winkeleisen zusammengesetzten Rauchkammerträger und zwischen der zweiten und dritten Achse auf einen ebenso hergestellten Träger. Unmittelbar vor und hinter dem Stehkessel befindet sich je eine Rahmenversteifung aus Stahlguß. Auf die vordere dieser Versteifungen stützt sich der Stehkessel mit einer angenieteten winkelförmigen Pratze, auf die rückwärtige mit zwei Ansätzen des ebenfalls aus Stahlguß gefertigten Bodenrahmens der Feuerbüchse. Zwischen den Zylindern und an beiden Enden der Rahmen ist außerdem je eine kastenförmige Blechverbindung zwischen den Rahmen eingebaut. Oberhalb der Laufachsen sind Querverbindungen aus Stahlguß mit einem Bolzenauge zur Befestigung der querliegenden Tragfedern angeordnet. Die Laufachsen sind nach der Bauart Webb ausgeführt mit einer Verschiebbarkeit von 65 mm nach jeder Seite.

Versuchsweise erhielten die ersten Lokomotiven dieser Bauart Stahlgußrahmen. Die aus je einem Stück gegossenen Hauptrahmen haben eine Länge von 9580 mm. Die übrigen Lokomotiven gleicher Gattung erhalten teils Blechrahmen, teils geschmiedete Barrenrahmen.

Die beiden außenliegenden Zylinder haben Kolbenschieber und Heusinger-Steuerung. Die Lokomotiven haben Anfahrvorrichtungen mit Rückschlagventil, der frische Dampf zum Anfahren für den Niederdruckzylinder wird aus einem kleinen Schieberkasten entnommen, der am Abzweigknie des Dampfeinströmrohrs angebracht ist.

Heißdampflokomotiven.

Von

Robert Garbe,

Kgl. Preuß. Geheimer Baurat und Mitglied des Kgl. Eisenbahn-Zentralamts, Berlin.

1. Die Anwendung von hochüberhitztem Dampf im Lokomotivbetriebe.

Kein Fortschritt im Lokomotivbau hat die Aufmerksamkeit der Fachwelt in solchem Maße auf sich gelenkt wie die Verwendung von hochüberhitztem Dampfe im Lokomotivbetriebe. Nur wenige Fachmänner haben vor zehn Jahren die dauernde Erzeugung hochüberhitzten Dampfes von 300° bis 350° C in dem räumlich so beschränkten Lokomotivkessel und seine betriebssichere und wirtschaftliche Verarbeitung in der Lokomotivmaschine für möglich gehalten, und heute sind bereits mehr als 2000 Lokomotiven mit hochüberhitztem Dampfe im Bau oder Betriebe! Trockener oder mäßig überhitzter Dampf war schon vorher bei Lokomotiven mehrfach versuchsweise angewendet worden, aber ohne nennenswerten wirtschaftlichen Erfolg.

Erst durch die praktischen Erfindungen des Zivilingenieurs Wilhelm Schmidt in Cassel wurden der Anwendung hoher Überhitzung die Wege geebnet, zunächst am Ausgange der 80er Jahre im ortfesten Dampfmaschinenbau und dann 1895 beginnend im Lokomotivbau. Es ist dabei ein besonderes Verdienst der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung, daß sie, den Vorschlägen des Verfassers folgend, die Schmidtschen Erfindungen zuerst bei Lokomotiven angewandt und erprobt hat.

Von vornherein war sich Schmidt darüber klar, daß ein wirksamer Lokomotivkesselüberhitzer nur im engsten, einheitlichen Zusammenhang mit dem bewährten Stephenson-Kessel geschaffen werden könne, und daß er nicht durch Abgase oder eine besondere Feuerung, sondern durch einen Teil der über dem Rost entwickelten lebendigen Gase beheizt werden müsse. Auf diesem Grundgedanken sind auch alle Schmidtschen Überhitzer für Lokomotiven aufgebaut. Die Erfolge der Schmidtschen Überhitzerarten haben eine große Anzahl von Überhitzerkonstruktionen veranlaßt, die sich mehr oder minder an die Grundgedanken Schmidts anlehnen. Auf die wichtigsten derselben soll später zurückgekommen werden.

2. Eigenschaften und Vorteile des Heißdampfes.

Heißdampf. Als Heißdampf wird nach Schmidt Wasserdampf bezeichnet, der um mindestens 100° C über seine Sättigungstemperatur überhitzt ist. Derselbe entsteht, indem man dem im Kessel erzeugten Naß-

dampf in einem Raume (dem Überhitzer), der nur mit dem Dampfraum des Kessels, aber nicht mit dem Kesselwasser in Verbindung steht, weitere Wärme zuführt, die den Dampf trocknet und überhitzt und sein Volumen vergrößert, ohne seine Spannung zu erhöhen. Es wird die Beurteilung der Erzeugung und Verarbeitung des Heißdampfes wesentlich erleichtern, wenn zunächst jene wichtigsten Eigenschaften betrachtet werden, durch die er sich vom Naßdampf unterscheidet.

Spezifisches Volumen. Das spezifische Volumen, d. i. das Volumen der Gewichtseinheit, wird bei gesättigtem Dampf mit anwachsender Temperatur und Spannung geringer, nimmt hingegen bei überhitztem Dampf nahezu proportional mit der Temperatur zu. Für Dampf von 12 at Überdruck z. B. ergibt sich

bei einer Dampftemperatur von	190°	250°	300°	350°C
ein spez. Volumen cbm/kg von	0·155	0·177	0·196	0·216.

Bei einer Überhitzung von 100° beträgt die Zunahme des spezifischen Volumens rund 25 %, wovon jedoch ein Teil infolge Abkühlung während der Füllungsperiode wieder verloren geht. In dieser durch die Überhitzung herbeigeführten Volumenvergrößerung des überhitzten Dampfes beruht jedoch nicht der wesentlichste Vorteil der Heißdampfanwendung, sondern hauptsächlich in der durch genügend hohe Überhitzung erzielten Vermeidung aller Niederschlagsverluste in den Zylindern, die bei Naßdampfbetrieb im Mittel 30 % der in die Zylinder gefüllten Dampfmenge betragen. Heißdampf kann infolge seiner hohen Temperatur in den Zylindern einer bedeutenden, der Überhitzung entsprechenden Abkühlung unterworfen werden, ohne seine Eigenschaften als arbeitsfähiger Dampf zu verlieren, während beim Naßdampf jede Abkühlung mit einem entsprechenden Niederschlag verbunden ist, wodurch ein Teil des erzeugten Dampfes seine Eigenschaften als Arbeitsträger verliert und nutzlos, ohne Arbeit zu leisten, als Dampfnässe durch die Zylinder wandert.

Wesentlich befördert wird dieses Verhalten des Heißdampfes in den Zylindern durch eine zweite, hochwichtige Eigenschaft, nämlich seine schlechte Wärmeleitfähigkeit.

Hochüberhitzter Dampf ist im Gegensatz zu gesättigtem Dampf ein schlechter Wärmeleiter. Diese Eigenschaft ist für die Verwendung des Heißdampfes in den Zylindern gegenüber der Verminderung der Abkühlungsverluste von hohem Werte, für den Wärmedurchgang im Überhitzer bei der Erzeugung des überhitzten Dampfes jedoch ein erhebliches Hindernis, das beim Entwurf eines Überhitzers berücksichtigt werden muß.

Wärmewert. Den großen wirtschaftlichen Vorteilen des Heißdampfes, größeres Volumen und Vermeidung der Niederschlagsverluste in den Zylindern, steht die Wärmeausgabe entgegen, die zur Überhitzung des Dampfes notwendig ist.

Um 1 kg trocken gesättigten Dampfes von der Sättigungstemperatur t_s auf die Temperatur t zu überhitzen, ist ein Wärmeaufwand

$$W_1 = C_p \ (t - t_s) \text{ Cal.}$$

notwendig.

Dabei bedeutet C_p die spezifische Wärme des überhitzten Dampfes bei konstantem Druck.

Bezeichnet W die in 1 kg gesättigten Dampfes von der gleichen Spannung enthaltene Wärmemenge, die aus den Regnaultschen Dampftabellen entnommen werden kann, dann ist

$$W_2 = W + W_1 = W + C_p(t - t_s)$$

der Wärmewert des überhitzten Dampfes, d. i. jene Wärmemenge, die in einem Kilogramm überhitztem Dampf von der Temperatur t enthalten ist.[1])

Nach den neuesten Versuchen ist die spezifische Wärme C_p des Wasserdampfes keine Konstante, sondern von Druck und Temperatur abhängig.

Die Werte für die mittlere spezifische Wärme, die sich nach Knoblauch und Jakob für den im Lokomotivbetrieb üblichen Spannungs- und Temperaturbereich ergeben, sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Zahlentafel 1.

Mittlere spezifische Wärme für die Überhitzung von $t_s{}^0$ auf t^0 C.

Überdruck $p = \ldots$ t_s ...	... 9 at ... 179° C	11 at 187° C	13 at 194° C	15 at 200° C
	C_p	C_p	C_p	C_p
für $t = 200°$ C	0·597	0·635	0·677	(0·751)
250° C	0·552	0·570	0·588	0·609
300° C	0·530	**0·541**	**0·550**	0·561
350° C	0·522	0·529	0·536	0·543

Größe der Überhitzerfläche. Dem Überhitzer ist aber nicht nur die zur Überhitzung notwendige Wärmemenge W_1, sondern eine bedeutend größere zuzuführen, da er auch das von dem Kesseldampf in den Überhitzer mitgerissene Wasser verdampfen muß.

Nehmen wir einen Feuchtigkeitsgrad des Kesseldampfes von nur 7 % an, was für den normalen Lokomotivbetrieb durchschnittlich sicherlich nicht zu hoch gegriffen ist, dann stellen sich die zur Erzeugung von 1 kg überhitzten Dampfes von 300° C Temperatur und 12 at Spannung von der Kesselheizfläche, bzw. dem Überhitzer abzugebende Wärmemenge wie folgt:

von der Kesselheizfläche:

0·93 kg trocken gesättigten Dampfes: 0·93 × 663·515 Kal. = 617 Kal.⎫
0·07 kg Wasser von der Sättigungstemp.: 0·07 × 189·594 = 13 „ ⎭ 630 K.

von der Überhitzerheizfläche:

0·07 kg Wasser von 189·594° C zu verdampfen 0·07 · 473·9 = 33 Kal.⎫
1 kg trocknen Dampf zu überhitzen um 113° C 0·541 · 113 = 61 „ ⎭ 94 K.

Gesamtwärme zur Erzeugung von 1 kg Heißdampf . . . . . . 724 K.,

davon im Überhitzer zu übertragen $\frac{94 \times 100}{724} \simeq 13\,\%$.

In die weitere Betrachtung sollen nur solche Überhitzer einbezogen werden, bei denen ein Teil der Kesselrohrheizfläche für Überhitzungszwecke benutzt wird.

[1]) vgl. Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 81. Die Abhängigheit der spezifischen Wärme C_p des Wasserdampfes von Druck und Temperatur, Knoblauch und Jakob.

Im normalen Lokomotivkessel[1]) werden etwa 40 % der gesamten Wärmemenge in der Feuerkiste abgegeben, die übrigen 60 % werden durch die Rohrheizflächen übertragen. Für den Überhitzer sind daher mindestens $\frac{13 \cdot 100}{60} = 22\,\%$ der Rohrheizfläche nötig. Wenn jedoch weiter berücksichtigt wird, daß der beste Teil der Rohrheizfläche, in der Nähe der Feuerbüchsrohrwand, für Überhitzungszwecke nicht benutzt werden kann, so ist ersichtlich, daß für eine genügend hohe Überhitzung 25 bis 30 % der Rohrheizfläche angenommen werden sollten.

Gleichzeitig geht aus den obigen Ausführungen hervor, daß die Überhitzerheizfläche mit Rücksicht auf die gleichbleibende Arbeit für das Nachverdampfen für geringe Überhitzung keineswegs im Verhältnis zu einer etwa beabsichtigten Herabsetzung der Überhitzung verkleinert werden darf.

3. Erzeugung hochüberhitzten Dampfes im Lokomotivkessel.

Die wertvolle Eigenschaft, ein schlechter Wärmeleiter zu sein, bereitet der Erzeugung hochüberhitzten Dampfes einige Schwierigkeiten. In Gegenwart von gut leitenden Wasserteilchen oder Naßdampfteilchen, die in nur mäßig überhitztem Dampf gewöhnlich vorhanden sind, bleibt die schädliche Neigung zur Rückbildung erheblich und verschwindet praktisch erst bei genügend hoher Überhitzung. Es genügt dabei keineswegs, eine gewisse Wärmemenge nur durch die Überhitzerwände beliebig hindurch zu leiten, diese Wärmemenge muß auch durch die in den Röhren fließende Dampfmenge auf jedes einzelne Dampfteilchen so lange übertragen werden, bis jedes derselben aus dem gesättigten in den überhitzten Zustand übergeführt ist. Hierzu bedarf es vor allem der Teilung des dicken Naßdampfstromes, wie er aus dem Kessel kommt, in viele dünne Strahlen, und eines wiederholten Richtungswechsels und hiermit gründlicher Mischung der Naß- und Heißdampfteilchen beim Durchgang des Dampfgemisches durch die Überhitzerröhren.

Um die nötige Überhitzungswärme an jedes in den Röhren dahinschießende Dampfteilchen heranzuleiten, ist bei der geringen Leitungsfähigkeit überhitzten Dampfes ferner ein hohes Temperaturgefälle auch für die dünnen Dampfstrahlen von außen nach innen und daher die Verwendung heißer Heizgase notwendig.

Befindet sich der Dampf im Zustande einer unvollkommenen Überhitzung, gewissermaßen einer Vorüberhitzung, halb Naßdampf, halb Heißdampf, so gibt das Thermometer etwa die Durchschnittstemperatur dieses Gemisches an, und es wird daher, indem man irrtümlich von der Vorstellung einer in allen Teilen gleichartigen Beschaffenheit des überhitzten Dampfes ausgeht, eine mäßige Überhitzung der ganzen Dampfmenge angenommen. In Wirklichkeit sind aber noch gesättigte Dampfteilchen mit ihren für die Rückbildung der Heißdampfteilchen günstigen Eigenschaften

---

[1]) Darunter sind Kessel mit schmaler und tiefer Feuerkiste verstanden, die eine direkte Heizfläche von etwa 10 % der Gesamtheizfläche haben. Für amerikanische Lokomotivkessel, bei denen die direkte Heizfläche verhältnismäßig kleiner ist, gelten die nachfolgenden Ausführungen nicht.

Digitized by Google

vorhanden, und der erwartete wirtschaftliche Erfolg in der Dampfmaschine bleibt zum Teil aus.

Erst bei einer Durchschnittstemperatur des Dampfes im Schieberkasten von etwa 300° C kann angenommen werden, daß Teilchen gesättigten Dampfes in dem erzeugten Gemisch von hoch und weniger hoch überhitzten Dampfteilchen nicht mehr vorhanden sind. Ausschlaggebend für die vom Verfasser stets verteidigte Notwendigkeit einer hohen Überhitzung ist jedoch die wiederholt mit aller Bestimmtheit gemachte Beobachtung, daß die Leistungsfähigkeit einer Heißdampflokomotive merklich sinkt und Kohlen- und Wasserverbrauch steigen, sobald die im Schieberkasten gemessene Dampftemperatur erheblich unter 300° C herabgeht.

Mit Rücksicht auf den kleinen, im Lokomotivkessel zur Verfügung stehenden Raum, läßt sich die angegebene Dampfüberhitzung nur durch Überhitzerbauarten erreichen, die die folgenden Bedingungen erfüllen:

1. Anwendung einer ausreichend hohen, mit der Beanspruchung der Lokomotive ansteigenden Temperatur der Heizgase.

2. Unterteilung der möglichst großen Überhitzerheizfläche, d. h. Leitung des Dampfes durch viele enge, aber dickwandige Röhren.

3. Mischung des Dampfes auf seinem Wege durch die Überhitzerröhren, indem der Dampf gezwungen wird, nach Durchströmen der zur Verfügung stehenden Rohrlängen rückkehrend weitere Rohrlängen zu durchstreichen.

4. Führung und Regelung des Durchzugs der Heizgase; Abstellen derselben beim Leerlauf und Stillstand der Lokomotive, sowie beim Gebrauch des Bläsers.

Man kann die Lokomotivkesselüberhitzer unterscheiden, je nachdem

a) nur ein Teil der die Siederöhren durchstreichenden lebendigen Heizgase zur Überhitzung benutzt wird (Überhitzer von Schmidt und die Abarten dieser Grundgattung von Cole, Vaughan, Notkine),
b) oder alle lebendigen Gase (Überhitzer von Pielock, Slucki, Clench),
c) oder die Abgase,
d) oder eine besondere Feuerung benützt werden.

Von größtem Einflusse auf die Leistungsfähigkeit eines Überhitzers ist vor allem die Führung der Heizgase und des Dampfes im Überhitzer.

Was zunächst die Führung der Heizgase anbelangt, so ist der größte Wert darauf zu legen, die Überhitzerröhren vor unmittelbarer Einwirkung der Stichflammen zu schützen, sowie die heißesten Gase auf den kühlsten Dampf wirken zu lassen.

Die Frage, ob einer senkrechten oder parallel mit der Dampfströmung gerichteten Heizgasführung der Vorzug gebührt, ist noch nicht völlig geklärt, doch scheint nach Versuchen an ortfesten Anlagen die letztgenannte Anordnung eine gleichmäßigere Erhitzung der Röhren zu gewährleisten.

Wesentlich ist es, daß sich der Zug der Heizgase durch den Überhitzer regeln und im Stillstand der Lokomotive und beim Leerlauf ganz abstellen läßt, namentlich bei angestelltem Bläser, um ein Erglühen der Überhitzerröhren zu verhindern, die in diesen Fällen nicht durch strömenden Dampf gekühlt werden. Dies ist um so not-

wendiger, wenn, wie bei den unter b genannten Überhitzern, die gewöhnlichen Sicderöhren zur Überhitzung benutzt werden. Nur wenn der Überhitzerkasten so weit entfernt von der Feuerkiste ist, daß er von heißen Gasen nicht mehr erreicht wird, kann auf eine Abstellvorrichtung verzichtet werden; mit solchen Überhitzern lassen sich aber genügend hohe Dampftemperaturen nicht mehr erzielen.

Der Dampf ist auf seinem Wege durch den Überhitzer durch möglichst viele enge, aber dickwandige Röhren zu leiten und wiederholt zu mischen. Besonderer Wert ist bei der Dampfführung im Überhitzer und in den Dampfröhren darauf zu legen, daß der einmal erzeugte überhitzte Dampf nicht wieder mit dem gut leitenden, gesättigten Dampf in Berührung kommt, wie z. B. beim Pielock-Überhitzer, bei dem der überhitzte Dampf vom Überhitzerkasten durch den Naßdampfraum des Kessels geführt und dabei bedeutend abgekühlt wird.

Die *Dampfgeschwindigkeit* im Überhitzer muß ziemlich beträchtlich sein, um die Überhitzerröhren genügend abzukühlen. Die obere Grenze der Dampfgeschwindigkeit wird durch den zulässigen Spannungsabfall bestimmt und liegt infolge der Dünnflüssigkeit des gasförmigen Heißdampfes viel höher, als bei gesättigtem Dampfe.

Die Bestimmung der *Wärmeausnutzung* im Überhitzer allein ist kaum möglich, da man den jeweiligen Feuchtigkeitsgrad des in den Überhitzer eintretenden Naßdampfes nicht kennt und daher auch die Wärmeabgabe, die im Überhitzer tatsächlich stattfindet, nicht berechnen kann. Wohl aber läßt sich die Gesamtwärmeausnutzung im Heißdampfkessel bestimmen, d. i. die gesamte Nutzwärme, die zum Verdampfen und Überhitzen benutzt wurde. Ihr Verhältnis zur gesamten, auf dem Rost erzeugten Wärmemenge gibt den *Wirkungsgrad des Heißdampfkessels.* Der Verfasser hat die Kesselwirkungsgrade für sechs von ihm durchgeführte Versuchsfahrten mit Heißdampflokomotiven bestimmt. Die Kesselbeanspruchung war bei allen sechs Fahrten eine ziemlich hohe, im Durchschnitt

524 kg Kohle auf 1 qm Rostfläche
57·3 „ Wasser „ 1 „ Verdampfungsheizfläche.

Trotz dieser hohen Beanspruchung betrug der Kesselwirkungsgrad im Durchschnitt **66·4%**, also mehr, als bei einer Naßdampflokomotive unter gleichen Verhältnissen. Dies ist ein Beweis für die gute Wärmeausnutzung im Heißdampfkessel. Es soll hiermit der Einwurf widerlegt werden, daß der Heißdampfkessel an und für sich unwirtschaftlich arbeite und dazu beitrage, die großen Ersparnisse, die sich aus der wirtschaftlichen Verarbeitung von Heißdampf in den Zylindern ergeben, zu vermindern. Begründet wird dieser oft gehörte Vorwurf mit dem Einwande, daß die den Überhitzer durchströmenden Heizgase sich nicht so gut abkühlen, wie die durch die gewöhnlichen Siederöhren strömenden, und daß daher höhere Schornsteinverluste eintreten. Bei einem in richtigen Querschnittsverhältnissen gebauten Überhitzer müssen jedoch die Gase aus dem Überhitzer mit derselben Temperatur wie aus den Siederöhren abziehen. Der Heißdampfkessel wird dabei für die gleiche Maschinenleistung viel weniger beansprucht werden als ein gleich großer Naßdampfkessel. Hieraus folgt die bessere Wärmeausnutzung durch einen Heißdampfkessel.

Verdampfungszahlen zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit heran-

zuziehen, ist auf keinen Fall zulässig, da dabei der verschiedene Wärmewert der Dampfarten nicht berücksichtigt erscheint. Naßdampfkessel geben gerade die höchsten Verdampfungszahlen, wenn sie am unwirtschaftlichsten arbeiten, d. h. wenn sie überanstrengt sind und viel Wasser mitreißen.

4. Der Heißdampf und die Zwillingsmaschine.

a) Wirkungsweise in den Dampfzylindern.

Der während der Füllungsperiode in die Zylinder eintretende Dampf kommt zunächst mit den metallischen Oberflächen der Dampfkanäle, Zylinderdeckel, Kolben und Teilen der Zylinderwandungen in Berührung, die eine viel niedrigere Temperatur als der eintretende Dampf haben, da sie während der vorhergegangenen Dehnung und Ausströmung abgekühlt worden sind. Es wird daher während der Füllung eine Wärmeabgabe des Dampfes an die Zylinderwandungen und Deckel stattfinden. Je größer dabei der Temperaturunterschied und das Verhältnis der Abkühlungsoberfläche zum Füllungsvolumen ist, und je besser die Wärmeleitfähigkeit des Dampfes ist, um so größer ist der stattfindende Wärmeaustausch.

Ist der Arbeitsträger gesättigter Dampf, dann hat dieser Wärmeaustausch, wie bereits erwähnt, Niederschläge zur Folge, wodurch ein Teil des Dampfes seine Fähigkeit, Arbeit zu leisten, verliert. Die größten Niederschlagsverluste finden während der Füllungsperiode statt; doch wird auch während der Dehnung die Wärmeabgabe an die Zylinderwände überwiegen und zu weiteren, allerdings nicht so bedeutenden Niederschlägen Anlaß geben. Schon am Ende der Dehnung findet ein langsames Nachverdampfen des Niederschlagwassers statt, das in dem Maße zunimmt, wie die Spannung des Dampfes, die der Temperatur des Niederschlagwassers entspricht, geringer wird. Aber erst während der Ausströmung, wenn die Spannung sehr rasch sinkt, folgt die größte Nachverdampfung. Die zu dieser Dampfbildung notwendige Wärme muß jedoch zum größten Teil den hocherwärmten Zylinderwandungen entzogen werden, deren Temperatur dadurch wieder erniedrigt wird, was bei der folgenden Füllung zu den bereits besprochenen Füllungsverlusten Anlaß gibt. Der Wärmeaustausch findet dabei in der Ausströmzeit zuerst sehr schnell, dann mehr und mehr schleppend statt. Bei der großen Wärmemenge (536·5 WE.), die für jedes Kilogramm zu verdampfenden Niederschlags von den Zylinderwänden hergegeben werden muß und bei der gleichbleibend niedrigen Temperatur des Niederschlagwassers sinkt das anfänglich große Temperaturgefälle natürlich sehr schnell, und in dem Maße, wie das Temperaturgefälle sich verkleinert, verzögert sich der Fortgang der Nachverdampfung. Hierdurch muß bei zu großen Kolbengeschwindigkeiten, d. h. bei zu kurzen Zeiten für Beendigung des Vorganges der Nachverdampfung der Augenblick eintreten, wo trotz starker Abkühlung der Zylinderwände doch noch unverdampftes Wasser zurückbleibt. Hier liegt ein Hauptgrund dafür, daß Naßdampflokomotiven für hohe Kolbengeschwindigkeiten weniger geeignet sind und bei größeren Beanspruchungen zum Wasserspeien Veranlassung geben. Jede neue Füllung bringt bei zu hohen Geschwindigkeiten größer werdende Niederschlagsverluste, da die Zylinder-

wandtemperaturen in der Ausströmzeit mehr und mehr sinken müssen und das damit größer werdende Temperaturgefälle zwischen der Temperatur des eintretenden Frischdampfes und der Zylinderwand nach und nach die Füllungsverluste so steigert, daß sie sich denen nähern, die in der ersten Zeit nach dem Anfahren der Lokomotive auftreten.

Beim Anfahren der Lokomotive, wenn die Zylinderwandungen noch nicht genügend vorgewärmt sind, werden die Niederschlagsverluste naturgemäß am größten und man muß die Zylinderhähne offen halten, um dem Niederschlagswasser einen Ausweg zu gewähren. In dem Maße jedoch, wie die mittlere Zylinderwandtemperatur steigt, wird immer weniger Wasser gebildet, das mehr und mehr während der Ausströmzeit nachverdampft wird. Die wirtschaftlichste Beanspruchung im Betriebe von Naßdampflokomotiven wird erreicht, wenn bei passender Spannungstemperatur und richtigen Füllungsverhältnissen das ganze niedergeschlagene Wasser in der Ausströmzeit leicht nachverdampft wird, obgleich auch dann noch die so wieder entstandene Dampfmenge durch den Zylinder gewandert ist, ohne Arbeit geleistet zu haben.

Diese bisher für den Naßdampfbetrieb betrachteten Verhältnisse gestalten sich bei Verwendung von genügend hoch überhitztem Dampf ganz bedeutend günstiger. Der Wärmeaustausch während des Füllungszeitraums findet auf Kosten der Überhitzungswärme statt, wodurch nur die Überhitzungstemperatur vermindert wird, ohne daß hierbei Niederschläge eintreten. Der Verlust an Arbeitsvermögen infolge der Volumenverkleinerung ist nur unbedeutend. Während der Ausströmung brauchen die Zylinderwände verhältnismäßig wenig Wärme an den ausströmenden Dampf abzugeben, namentlich, was besonders betont werden soll, wenn er noch ein wenig überhitzt ist, einerseits, weil auch der noch leicht überhitzte Dampf ein schlechter Wärmeleiter ist und andererseits, weil die von den Zylinderwandungen abgegebene Wärmemenge unmittelbar zur Temperaturerhöhung des Dampfes verwendet wird und nicht, wie beim Naßdampf, zum Nachverdampfen von Niederschlagwasser, das ohne Temperaturerhöhung stattfindet. Es wird demnach beim Heißdampfbetrieb ein viel geringerer Wärmeaustausch zwischen Dampf und Zylinderwandung stattfinden als beim Naßdampfbetrieb.[1]) Die Wandungen werden während der Ausströmung nicht erheblich abgekühlt und die mittlere Zylinderwandtemperatur liegt höher. In diesem verschiedenen Verhalten des gesättigten und des hochüberhitzten Dampfes beruht der wesentliche Vorteil, der sich aus der Anwendung des letzteren ergibt. Dabei ist jedoch stets im Auge zu behalten, daß nur eine sehr hohe anfängliche Überhitzung den Dampf während des ganzen Arbeitszeitraums vor Niederschlägen schützen kann.

Gegen eine so hohe durchschnittliche Überhitzung wurde vielfach der Einwand erhoben, daß es, namentlich bei größeren Füllungen, dann unvermeidlich sei, daß auch der ausströmende Dampf noch teilweise überhitzt ist und daß demnach ein Teil der im Überhitzer erzeugten Überhitzungswärme zum Schornstein hinausgeht. Davon ausgehend wurde dann vorgeschlagen, den Dampf nur so hoch zu überhitzen, daß er sich am Ende der Dehnung bereits im gesättigten Zustand befindet. Bei den

[1]) vgl. auch W. Ripper, Steam Engine, Theory and Practice, S. 153.

wechselnden Beanspruchungen des Lokomotivkessels und der Lokomotivmaschine läßt sich eine solche Gleichmäßigkeit überhaupt nicht erreichen. Die verschiedenen Füllungsgrade und Temperaturgefälle, schlechtes oder schaumiges Kesselwasser, zu hoher Wasserstand, Überanstrengung des Kessels, ungeschicktes Fahren und Feuern usw. verlangen einen beträchtlichen Überschuß der Leistung des Überhitzers über das errechnete Maß. Bei ortfesten Anlagen wurden vielfach Versuche über den Zusammenhang der Temperatur des Austrittsdampfes mit dem Wärmeverbrauch der Maschine gemacht (vgl. Abb. 1 nach Versuchen vom Professor Seemann an einer Schmidtschen Heißdampfmaschine). Dabei nahm mit steigender Temperatur des überhitzten Füllungsdampfes der Wärmeverbrauch der Maschine für 1 PS/st ständig ab, trotz der steigenden Temperatur des Auspuffdampfes. Obwohl derartige Versuche bei Lokomotiven bisher nicht durchgeführt worden sind, so beweisen doch die Ergebnisse zahlreicher Versuchsfahrten mit Heißdampfzwillingslokomotiven, die der Verfasser durchgeführt hat, daß sich stets die größte Wirtschaftlichkeit bei den höchsten Dampftemperaturen (350°) ergab und daß somit auch bei Lokomotiven die Wärmeersparnis der Maschine trotz steigender Temperatur des Auspuffdampfes mit steigender Überhitzung zunimmt.

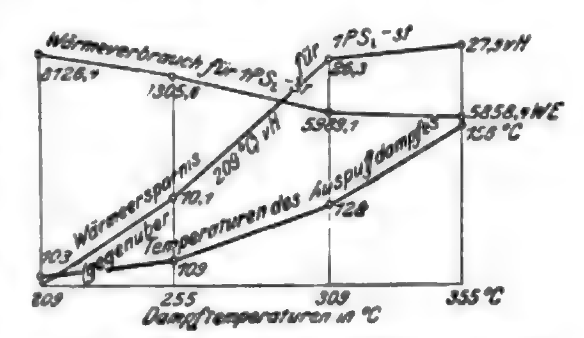


Abb. 1. Wärmeersparnis und Temperatur des Auspuffdampfes.

Um die durch den Einbau eines Überhitzers gesteigerte Leistungsfähigkeit des Kessels voll und wirtschaftlich auszunützen, genügt es keineswegs, wie von vielen Fachmännern noch angenommen wird, nur die Füllung der für Naßdampf berechneten Zylinder zu vergrößern. Dadurch würden die Verluste infolge unvollständiger Dehnung, größeren Gegendrucks und zu heftiger Feueranfachung so bedeutend vermehrt werden, daß ein großer Teil der erhöhten Leistungsfähigkeit des Kessels in der Dampfmaschine wieder verloren ginge. Nur durch eine entsprechende Zylindervergrößerung kann die Zugkraft unter Beibehaltung wirtschaftlicher Füllungen so gesteigert werden, daß die vermehrte Leistungsfähigkeit des Kessels voll ausgenützt wird. Der Zylinderdurchmesser muß so groß gewählt werden, daß bei ungefähr 0·45 Füllung die größte Zugkraft erreicht werden kann und bei etwa 0·3 Füllung und 1 at unter dem normalen Kesseldruck die Lokomotive ihre größte Dauerleistung zu entwickeln vermag. Für kleinere und kleinste Leistungen darf die Füllung nicht beliebig gekürzt werden. 0·2 Füllung ist für Zwillingslokomotiven die äußerste untere Grenze. Wenn diese annähernd erreicht wird, muß zur Regelung der Leistung der Kesseldampf entsprechend gedrosselt und mit geringeren Spannungen gefahren werden. Der Grund, warum auch bei starker Drosselung des Heißdampfes ohne Niederschlag im Zylinder verhältnismäßig wirtschaftlich gefahren werden kann, liegt darin, daß mit der Abdrosselung des normalen Dampfdruckes die eigentliche (absolute) Überhitzung und damit die Güte des Heißdampfes steigt. Wird z. B. Dampf von 12 at auf 300° C überhitzt, so beträgt die Überhitzung

nur 110°, nämlich 300° weniger der Spannungstemperatur von 190°. Auf 5 at Überdruck abgedrosselter Dampf gleicher Temperatur würde aber eine Überhitzung von rund 300° — 158° = 142° C besitzen, so daß der Überschuß an Überhitzungswärme ausreicht, um Niederschläge auch bei dem kleinsten noch wirtschaftlichen Füllungsgrade von etwa 0·2 fernzuhalten.

Beim Heißdampfbetrieb müssen daher zur wirtschaftlichen Ausnützung der vermehrten Leistungsfähigkeit des Kessels die Zylinderdurchmesser viel größer, wie bisher üblich, gewählt werden; Niederschlagsverluste sind nicht mehr zu befürchten.

Ganz anders liegt die Sache beim Naßdampfbetrieb. Dort müssen die Zylinderabmessungen mit Rücksicht auf Niederschlagsverluste auf ein Mindestmaß beschränkt werden und bei größeren Anstrengungen muß mit unwirtschaftlich großen Füllungen gefahren werden.

Hier liegt der Gegensatz und die große Überlegenheit des Heißdampfbetriebes gegenüber dem Naßdampfbetriebe.

Diese Tatsache hat sich bei der fortschreitenden Entwicklung der Heißdampfanwendung im Lokomotivbau ergeben und z. B. bei der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung zu einer allmählichen Vergrößerung der Zylinderabmessungen geführt.

Die sogenannte Charakteristik „C" der Zwillingsheißdampflokomotiven der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung:

$$C = \frac{d^2 l}{D R}$$

d Zylinderdurchmesser in cm
l Hub in cm
D Triebraddurchmesser in cm.
R Triebachslast in t

liegt zwischen 25 und 30, sie ist also bedeutend höher als bei Naßdampflokomotiven üblich und möglich. Diese einfache Faustformel leistet da gute Dienste, wo es sich um gute Kessel mit langer, tiefer und schmaler Feuerkiste handelt, besonders wenn man sie in Rücksicht auf die Sonderbestimmung der jeweiligen Lokomotive verwendet, d. h. für Schnellfahrt und langes Durchfahren die Durchmesser in kleineren Grenzen hält und für oftmaliges Anfahren, starke Beschleunigung und schwere Fahrten die größeren Zahlen wählt.

Wie einfach sich dabei eine Zwillingslokomotive ausgestalten läßt, um trotz der auferlegten Beschränkung der Achsbelastung die erhöhte Maschinenleistung ohne Nachteile für das Gangwerk zu vertragen, soll später, gelegentlich der Gegenüberstellung der Heißdampfzwillingslokomotive und der Verbundlokomotive mit mäßiger Überhitzung, gezeigt werden.

Hier sei zunächst der Einwand entkräftet, der wohl von jedem Eisenbahnfachmann erhoben wird, sobald er sich zum erstenmal mit dem Gedanken der Einführung von hochüberhitztem Dampf bei Lokomotiven befaßt, daß die unter Heißdampf gehenden Teile im Betrieb besondere Schwierigkeiten bereiten. Diese sind völlig überwunden. Im Bereiche der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung allein arbeiten gegenwärtig schon über 1200 Lokomotiven mit hochüberhitztem Dampf, und gerade die unter Dampf gehenden Teile bereiten, praktisch genommen, keine Anstände. Allerdings waren hier manche Kinderkrankheiten zu überwinden, aber schon seit etwa sechs Jahren sind einfache Bauarten für Kolben, Schieber und Packungen vorhanden, die sich auch bei den höchsten, im

Digitized by Google

praktischen Betriebe gestellten Dampftemperaturen von 350° dauernd bewährt haben. Auch die Schmierung bereitet bei Verwendung von Ölen mit genügend hohem Flammpunkt (sogenannten Heißdampfölen) unter Anwendung einfacher Schmierpressen keine Schwierigkeiten mehr.

b) Kohlen- und Wasserersparnis.

Die hauptsächlich durch den Wegfall aller Niederschlagsverluste in den Zylindern erzielte Kohlenersparnis beträgt bei gleicher Leistung durchschnittlich 25 % beim Vergleich einer Heißdampfzwillings- mit einer gleich schweren Naßdampfzwillingslokomotive und 15 bis 20 %, wenn die Heißdampfzwillingslokomotive einer zwei- oder vierzylindrigen Verbundlokomotive gegenübergestellt wird. Die Wasserersparnis ist in den meisten Fällen noch beträchtlich größer, weil die Erzeugung von 1 kg Heißdampf mehr Kohle erfordert als die von 1 kg Naßdampf. Je größer der Wassergehalt des im Naßdampfkessel erzeugten Dampfes ist, umso kleiner wird der Wärmeaufwand für jedes kg erzeugten Naßdampfes sein und um so größer wird dann bei Vergleichen mit Heißdampflokomotiven der Unterschied in den Kohlen- und Wasserersparniszahlen werden. Die durch die hohe Überhitzung herbeigeführte große Wasserersparnis gestattet, sehr erheblich längere Strecken ohne Wassereinnahme zu durchfahren, was besonders für Tender- und Schnellzuglokomotiven von besonderer Wichtigkeit ist. Dabei braucht der Heißdampfkessel nicht so häufig ausgewaschen zu werden und hat aus diesem Grunde und wegen der geringeren Dampfspannungen eine längere Betriebs- und Lebensdauer.

Aus dem gleichen Grunde wird das Anwendungsgebiet der aus betriebstechnischen Gründen hochwichtigen Tenderlokomotive wesentlich erweitert.

Diese Angaben über Kohlen- und Wasserersparnis sind verläßliche Durchschnittswerte und wurden wiederholt ganz wesentlich überschritten, besonders in solchen Fällen, bei denen die Naßdampflokomotiven verhältnismäßig stark beansprucht werden mußten, um ihre Leistung der Leistung der Heißdampflokomotiven so weit wie möglich zu nähern.

Andererseits aber wurde allerdings in einzelnen Fällen im Betriebe diese Wirtschaftlichkeit nicht ganz erreicht, jedoch nur, weil entweder die Mannschaft nicht genügend eingerichtet war oder die Heißdampflokomotive in einem Zugdienst gefahren wurde, bei dem ihre erhöhte Leistungsfähigkeit nicht zur Geltung kam oder häufige Talfahrten vorkamen, oder, wie im Stadt- und Vorortverkehr, die Stationsentfernungen gering sind und die Verluste bei den zahlreichen Aufenthalten und beim Leerlauf die gesamte Wirtschaftlichkeit der Fahrt entsprechend verminderten. Doch auch in solchen Fällen ergaben sich noch Kohlenersparnisse von mindestens 15 %.

Für die praktische Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Lokomotive sind die Kohlenverbrauchszahlen die geeignetste Grundlage. Allerdings kommen dabei Verhältnisse mit zur Geltung, die nicht immer von der veränderten Dampfart allein abhängig sind, vor allem der Kesselwirkungsgrad, der, wie schon wiederholt erwähnt, von den gesamten Verbrennungs- und Blasrohrverhältnissen sowie von der Feuchtigkeit des Kesseldampfes abhängt.

Wollte man die bloßen Dampfverbrauchszahlen zum Vergleich heranziehen, so käme hierin nicht die Beschaffenheit des Dampfes, d. h. der

jeweilige Wassergehalt des gesättigten Dampfes auf der einen Seite und die Überhitzungstemperatur des überhitzten Dampfes auf der anderen Seite zur Geltung. Solche Zahlen hätten nur Wert, wenn sie auf trocken gesättigten Dampf von einer bestimmten festgesetzten Spannung bezogen werden. Aber auch dazu ist die Kenntnis der Dampffeuchtigkeit notwendig, die sich bei Versuchsfahrten im Betrieb nicht feststellen läßt. Dieselben Schwierigkeiten bieten sich auch, wenn man, was ja sonst das Richtigste wäre, die Anzahl Wärmeeinheiten unmittelbar in Vergleich stellen würde, die bei den beiden Vergleichslokomotiven für eine bestimmte Leistung, z. B. eine PS/st notwendig wären. Für die Naßdampflokomotive läßt sich die letztgenannte Zahl nur unter Zugrundelegung von mehr oder weniger willkürlichen Annahmen über den Wassergehalt des Dampfes durchführen. Bei der Heißdampflokomotive hängt die Bestimmung dieser Verbrauchszahl von der Wahl eines Mittelwertes für C_p ab.

Für die praktischen Zwecke des Lokomotivbetriebes wird man daher auch weiterhin bei den Kohlenverbrauchszahlen als Vergleichsgrundlage bleiben müssen. Es wurden schon von den verschiedensten Seiten auf der Erfahrung beruhende Regeln zur Vorausbestimmung der Kohlenersparnis angegeben, die jedoch alle von der Voraussetzung ausgingen, daß die Kohlenersparnis gleichmäßig mit der Überhitzung zunähme, was aber in dieser allgemeinen Fassung unseren Erfahrungen widerspricht, denen zufolge eine nennenswerte Kohlenersparnis erst von einer mindestens 50° betragenden Überhitzung an beginnt, dann aber rasch zunimmt.[1])

Im wesentlichen hängt die Kohlenersparnis von den folgenden Verhältnissen ab:

1. Von der Verschiedenheit der spezifischen Volumina beider Dampfarten;
2. von dem ungleichen Wärmewert beider Dampfarten;
3. von der Feuchtigkeit des gesättigten Dampfes;
4. von den veränderten Abkühlungsverlusten infolge der höheren Temperatur einerseits und dem schlechten Wärmeleitungsvermögen des überhitzten Dampfes andererseits;
5. von den veränderten Verbrennungs- und Blasrohrverhältnissen und der Wärmeausstrahlung des Kessels.

Die letztgenannten drei Punkte sind der Rechnung überhaupt nicht zugänglich, und um sie für die theoretische Untersuchung über die Kohlen- und Wasserersparnis auszuschalten, muß angenommen werden:

a) daß der Kesselwirkungsgrad für beide Lokomotiven derselbe sei,
b) daß eine ideale, wärmedichte und verlustlose Maschine vorläge,
c) daß der von dem Naßdampfkessel gelieferte Dampf trocken gesättigt sei.

Nur die aus Punkt 1 und 2 hervorgehende theoretische Wärmeersparnis läßt sich berechnen.

---

[1]) vgl. Versuche von J. B. Flamme, Oberinspektor der Belgischen Staatsbahnen, im American Engineer and Railroad Journal, September 1905, S. 338, an einer für Versuchszwecke gebauten Lokomotive mit kleinem Überhitzer, wobei sich ergab, daß bei der erzielten niedrigen Überhitzungstemperatur nennenswerte Ersparnisse an Brennstoff sowie eine vermehrte Kraftleistung nicht erzielt werden konnten.

Digitized by Google

Der Verfasser hat eine solche Berechnung, die allerdings, was betont werden muß, nur theoretischen Wert besitzt, in seinem jüngst erschienenen Werke, „Die Dampflokomotiven der Gegenwart“, S. 266 ff. durchgeführt.

Das Hauptergebnis ist in der nachstehenden Zahlentafel 2 enthalten.

Zahlentafel 2.

Theoretische Kohlen- und Wasserersparnis bei auf 300° C überhitztem Dampf für $C_p = 0{\cdot}48$ bzw. $C_p = 0{\cdot}6$.

Dampfart	Dampfüberdruck kg/qcm	Theoretische Wasserersparnis v. H.	Theoretische Kohlenersparnis $C_p = 0{\cdot}48$ v. H.	Theoretische Kohlenersparnis $C_p = 0{\cdot}6$ v. H.
gesättigt	12	—	—	—
überhitzt	12	11·0	4·0	2·2
gesättigt	10	—	—	—
überhitzt	10	13·3	6·1	4·3
gesättigt	8	—	—	—
überhitzt	8	15·0	7·2	5·3
gesättigt	6	—	—	—
überhitzt	6	16·8	8·6	6·3

Diese Zahlentafel ist von Interesse, weil hierin schon der Wert hoher Überhitzung deutlich zum Ausdruck kommt.

Der Dampf von nur 6 at ist am höchsten überhitzt (300° — 164° = 136° C) und zeigt auch die höchste theoretische Kohlen- und Wasserersparnis.

Um aus den theoretischen Werten die tatsächliche Kohlen- und Wasserersparnis abzuleiten, müßten nunmehr auch die durch Abkühlung an den Zylinderwänden entstehenden Verluste, sowie die Feuchtigkeit des Kesseldampfes der Naßlokomotive berücksichtigt werden. Dies ist aber nur auf Grund mehr oder weniger willkürlicher Annahmen über die rechnerisch nicht festzustellende Größe dieser Verluste möglich, wodurch alle diese theoretischen Berechnungen an praktischem Wert einbüßen. Für den Praktiker werden stets nur die bei richtig geleiteten Versuchsfahrten und im Betriebe verläßlich gewonnenen Ergebnisse von Wert sein, die später noch besonders behandelt werden.

c) Erhöhung der Leistungsfähigkeit.

Zu dem wirtschaftlichen Nutzen des Heißdampfbetriebes durch die Kohlen- und Wasserersparnis kommt bei Lokomotiven ein zweiter, noch wichtigerer Vorteil hinzu, nämlich eine bei wesentlich vermindertem Kohlenverbrauch ganz erheblich vergrößerte Leistungsfähigkeit.

Wiederholt hat der Verfasser bei vergleichenden Versuchsfahrten zwischen einer $^2/_5$-gek. Vierzylinderverbundnaßdampflokomotive und einer $^2/_4$-gek. Heißdampfzwillingslokomotive mit Schmidtschem Überhitzer im

Durchschnitt 25 v. H. weniger Kohle für gleiche Schleppleistung bei nur mittlerer Anstrengung der leichteren Heißdampflokomotive gebraucht und selbst bei 40% Mehrleistung der leichten und einfachen Heißdampflokomotive betrug der Minderverbrauch an Kohlen noch etwa 10%. Derartige Ergebnisse lassen von vornherein folgende einfache Schlüsse für die Praxis zu.

Nimmt man für gleiche Schleppleistung der beiden hier genannten Vergleichslokomotiven, die etwa der Höchstleistung der Vierzylindernaßdampfverbundlokomotive bei nur mittlerer Anstrengung der Heißdampflokomotive entspricht, nur 20 v. H. Kohlenersparnis an, so kann mit dieser Kohlenmenge die Maschinenleistung der Heißdampflokomotive bei dann etwa gleicher Rostbeanspruchung beider Vergleichslokomotiven um rund

$$\frac{100 - 80}{80} \cdot 100 = 25 \text{ v. H.}$$

vergrößert werden. Da aber bei den jetzt vorkommenden Geschwindigkeiten und Abmessungen der Schnellzuglokomotiven etwa 40% der Arbeitsleistung allein zur Überwindung der Reibung in der Maschine und der Bewegungswiderstände (darunter namentlich des Luftwiderstandes) einer $^2/_5$-gek. Vierzylinderlokomotive mit Tender erforderlich sind, und demnach nur etwa 60% der in den Zylindern erzeugten indizierten Pferdestärken auf den Zughaken übertragen werden, so stellt eine Vergrößerung des Arbeitsvermögens der Heißdampfmaschine von 25% eine Vermehrung der Schleppleistung von

$$\frac{25 \cdot 100}{60} \text{ d. i. von etwa } 40\%$$

dar, welche Mehrleistung bei Vergleichsversuchen, wie schon erwähnt, wiederholt erreicht worden ist. Noch größere Mehrleistungen sind ohne Überanstrengung der Heißdampflokomotiven erreicht worden, wenn auch die Naßdampflokomotive eine Zwillingslokomotive von ungefähr gleichem oder etwas größerem Gewicht als die Heißdampflokomotive war.

Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, daß die Dampfzylinder der Heißdampflokomotive entsprechend groß sind und daß die Überhitzung genügt, um die durch Vermeidung der Niederschläge gleichsam gewonnene Dampfmenge bei wirtschaftlichen Füllungsgraden verarbeiten zu können.

Es gewährt somit die hohe Überhitzung die Möglichkeit, die in der Gegenwart immer dringender verlangte Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven zwecks Erzielung höherer Geschwindigkeit oder größerer Schleppleistung zu ermöglichen, ohne den Kessel zu vergrößern und ohne zu unverhältnismäßig großen Abmessungen der Lokomotive Zuflucht nehmen zu müssen.

Im gewöhnlichen Betriebe stellt sich, wie schon angedeutet wurde, die Kohlenersparnis der Heißdampflokomotive in der Regel noch etwas niedriger als bei solchen Vergleichsversuchen, die zum Zwecke der Ermittelung der größten Schleppleistung beider Lokomotivarten vorgenommen werden. Wenn hierauf in Fachkreisen so vielfach hingewiesen und leider sehr einseitig daran der Wert hoher Überhitzung bemessen wird, so muß doch nachdrücklich daran erinnert werden, daß im regelrechten Vergleichsbetriebe die Naßdampflokomotiven von gleichem und größerem Gewichte als die Heißdampflokomotiven entsprechend den für ihre normale Leistung

Digitized by Google

aufgestellten Fahrplänen beansprucht werden und daher verhältnismäßig noch wirtschaftlich arbeiten, während die Heißdampflokomotiven für die gleiche, fahrplanmäßige Leistung viel geringer beansprucht werden und daher unter Beeinträchtigung der Feuerhaltung und Wärmeausnutzung leiden, obgleich sie, was betont werden muß, auch bei geringerer Leistung noch sehr wirtschaftlich arbeiten. Während aber die Naßdampflokomotive über ihre normale Leistung beansprucht, mit noch feuchterem Dampf und daher unwirtschaftlicher arbeitet, steigert sich bei der Heißdampflokomotive mit zunehmender Leistung bis zu einem hohen Grade die Überhitzung und damit die Wirtschaftlichkeit und zwar so, daß der Höchstwert ungefähr da liegt, wo die Naßdampflokomotive schon mit Erschöpfung kämpft und Kohle und Wasser in großen Mengen zum Schornstein hinausbefördert. Hier tritt alsdann die Wirtschaftlichkeit der Heißdampflokomotive in noch viel höherem Grade hervor, denn hier muß der leidige Vorspanndienst bei der Naßdampflokomotive einsetzen, und dann handelt es sich nicht allein mehr um 25 bis 30% Kohlenersparnis, sondern um sichere Vermeidung des in einem gesunden, wirtschaftlichen Betriebe geradezu unzulässigen Fahrens mit zwei Lokomotiven vor einem Zuge.

Die größte Bedeutung gewinnt hierbei der Heißdampf für sehr hohe Geschwindigkeiten bei beträchtlicher Schleppleistung, denn mit steigender Geschwindigkeit verbraucht die Lokomotive an sich einen immer größeren Teil der entwickelten Arbeit zur Eigenbewegung und zur Überwindung des größeren Luftwiderstandes und hier kommt auch der viel geringere Eigenwiderstand der einfachen Heißdampflokomotive nach obigen Zahlenbeispielen zu erhöhter Geltung.

Diese bedeutende Erhöhung der Leistungsfähigkeit durch die Heißdampflokomotive, die sich bei allen Versuchen und im Betrieb immer wieder ergeben hat, ist für den Lokomotivbetrieb von viel größerer Bedeutung als die größte Kohlen- und Wasserersparnis und sollte anstatt dieser im Vordergrunde aller Erwägungen stehen, um so mehr, als durch die Wirtschaftlichkeit auch bei kleinsten und größten Leistungen noch die Möglichkeit einer starken Herabziehung der vielen Lokomotivgattungen gegeben ist.

Die einwandfreieste Lösung der Frage der Mehrleistung der Heißdampflokomotiven werden für den Praktiker stets nur Vergleichsfahrten unter möglichst gleichbleibenden Verhältnissen ergeben. Solche vergleichenden Leistungsversuche wurden mit allen Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen durchgeführt. Sie lassen bei der Fülle der Ergebnisse keinen Zweifel mehr über die bedeutende Erhöhung der Leistungsfähigkeit der einfachen, mit richtigen Zylinderverhältnissen gebauten, wirtschaftlichen Heißdampfzwillingslokomotive gegenüber gleich schweren oder schwereren, unwirtschaftlichen Naßdampflokomotiven mit vier Dampfzylindern und Verbundwirkung.

Aus diesen Versuchen ergaben sich die in Abb. 2 graphisch dargestellten größten Dauerleistungen für 1 qm feuerberührte Verdampfungsheizfläche bei den als Abszissen angegebenen Umdrehungszahlen. Je nach der Beanspruchung (Umdrehungszahl) und der Bauart der zum Vergleich dienenden Naßdampflokomotive (Zwillingswirkung, Verbundwirkung in zwei Zylindern, Verbundwirkung in vier Zylindern), liegen diese Leistungen der

Heißdampfzwillingslokomotiven um 25 bis 80% höher als die für Naßdampflokomotiven ermittelten Werte. Bei der Beurteilung dieser gewaltigen Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Kessels ist noch zu berücksichtigen, daß sich diese Angaben auf die indizierten Leistungen beziehen. Die effektiven Leistungen am Zughaken werden, hauptsächlich gegenüber den in bezug auf Maschinen- und Achsenanordnung so vielteiligen Vierzylinderverbundlokomotiven, noch eine bedeutend größere Überlegenheit der einfachen Zwillingsheißdampflokomotive, besonders bei den höchsten Leistungen, ergeben.

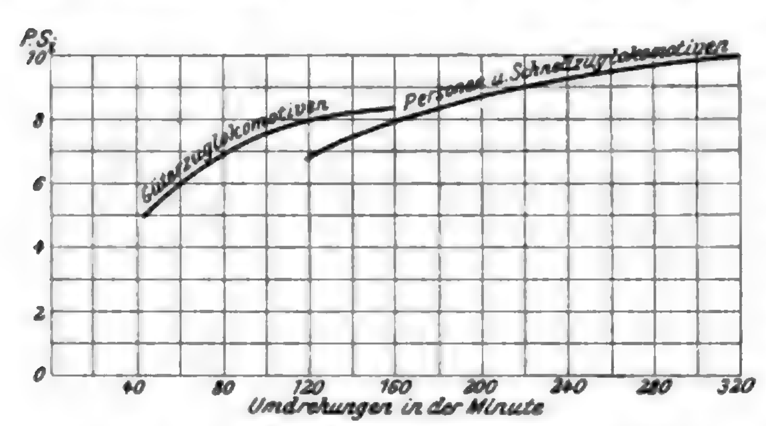


Abb. 2. Dauerleistungen von Heißdampflokomotiven bezogen auf 1 qm Verdampfungsheizfläche.

5. Der Heißdampf und die Verbundwirkung.

Die Verwendung von hochüberhitztem Dampf bei einfachen Zwillingslokomotiven ergibt, wie bereits ausgeführt, eine solche Erhöhung der Leistungsfähigkeit, daß damit für absehbare Zeiten allen Ansprüchen, die der gesteigerte Verkehr an Zugkraft und Geschwindigkeit neuerer Lokomotiven stellt, bei erhöhter Wirtschaftlichkeit Rechnung getragen werden kann, ohne daß es nötig wird, vielseitige, im Bau und in der Unterhaltung kostspielige Vierzylinderverbundlokomotiven zu bauen.

Nach Ansicht des Verfassers liegt hierin einer der wesentlichsten Vorteile der Heißdampfanwendung für den Lokomotivbetrieb und diesem Umstande wurde auch bei den etwa 1500 Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung Rechnung getragen, die bisher alle als einfache Zwillingsmaschinen mit einfachen Achsenanordnungen und ohne hintere Laufachsen gebaut wurden. Gleichzeitig hatten die Erfahrungen mit Heißdampfzwillingslokomotiven zur Folge, daß der Bau von Naßdampfvierzylinderverbundlokomotiven nahezu ganz eingestellt wurde. — Trotzdem ist dieser Standpunkt auch heute noch nicht ein so allgemeiner geworden, wie dies im Interesse der Einfachheit, Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu wünschen wäre. Manche Bahnverwaltungen bleiben noch aus Mangel an Erfahrungen mit wirklichem Heißdampfbetrieb bei den vielteiligen, in Bau, Betrieb und Unterhaltung kostspieligen Naßdampfvierzylinderverbundlokomotiven, andere haben zwar mit der Anwendung von überhitztem Dampf neuerdings begonnen, aber unter Beibehaltung der Verbundwirkung und unter Anwendung von mäßiger Überhitzung. Bei der Wichtigkeit dieser Frage, die auf die zukünftige Entwicklung des Lokomotivbaues von einschneidender Bedeutung ist, soll dieselbe auf Grund der bisherigen Erfahrungen näher untersucht werden.

Digitized by Google

a) Niederschlagsverluste in den Zylindern.

Sowohl die Verbundwirkung bei Naßdampfbetrieb wie die hohe Überhitzung des Dampfes verfolgen beide dasselbe Ziel, nämlich die Verminderung bzw. Vermeidung von Niederschlagsverlusten in den Zylindern, die bei Naßdampfzwillingslokomotiven 35% und mehr betragen. Durch Naßdampfverbundwirkung können diese Verluste auf 20 bis 25% vermindert werden. Durch Anwendung von hochüberhitztem Dampf (320 bis 350° C) werden aber schon in der Zwillingsmaschine alle Niederschläge beseitigt.

Im übrigen bedeutet die Verbundlokomotive keine Vereinfachung oder Verbesserung, sondern sie bringt nur viele Unzuträglichkeiten. Diese Behauptung wird schon durch die Tatsache gestützt, daß, obgleich durch die Verbundmaschine seinerzeit unbestritten eine wesentliche Verbesserung der Wärmeausnützung und damit auch eine entsprechende Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Lokomotive erzielt wurde, sie sich während eines Zeitraumes von etwa 20 Jahren dennoch keine allgemeine Anerkennung im Lokomotivbetrieb verschaffen konnte.

b) Überhitzung des Hochdruckdampfes. Mäßige Überhitzung.

Um den Erfolg der Verbundmaschine durchschlagender zu gestalten, suchte man sie in den letzten Jahren durch Anwendung größerer Dampfdehnung bei höherem Dampfdruck in größeren Zylindern unter Anwendung von mäßiger Überhitzung zu verbessern. Eine hohe Überhitzung kann man nicht anwenden, da Verbundlokomotiven im Gegensatz zu ortsfesten Verbundmaschinen bei Bergfahrten für längere Zeit mit großen Füllungen (0·6 bis 0·7) arbeiten müssen, so daß bei einer hohen, anfänglichen Überhitzung eine bedeutende Steigerung der mittleren Wandtemperatur im Hochdruckzylinder eintreten muß, wodurch die Schmierung erschwert und eine Gefährdung des Hochdruckzylinders eintreten würde. Hierzu käme, daß noch hochgespannter und hochüberhitzter Dampf in den Niederdruckzylinder eintreten könnte, was dieser große Zylinder erst recht nicht vertragen würde.

Was nun die Frage anbelangt, ob durch die Anwendung einer Überhitzung von nur 50 bis 60° die Bildung von Niederschlägen in den Zylindern verhindert werden kann, so ist nach den zahlreichen, von Schmidt angestellten Versuchen, die im besonderen die Feststellung der mittleren Zylinderwandtemperaturen bei den verschiedenen Überhitzungsgraden und Füllungen, sowie der wirtschaftlich besten Überhitzung bezweckten, als sicher anzunehmen, daß erst von einer Füllung von 50 v. H. an eine mittlere Überhitzung von 50 bis 60° C genügend ist, um Niederschläge in diesem Zylinder zu vermeiden. Bei einer fortgesetzten Dehnung in einem zweiten Zylinder (Verbundmaschine) sind aber die Wirkungen der Anfangsüberhitzung verschwunden und die unwirtschaftlichen Niederschläge beim Eintritt in den zweiten Zylinder und während der Dehnung treten wieder auf.

Auf eine nennenswerte Dampfersparnis bei Heißdampfverbundwirkung gegenüber Heißdampfzwillingswirkung würde nur dann zu rechnen sein, wenn die Überhitzung auch bei Verbundwirkung so hoch gehalten werden

könnte, daß im Niederdruckzylinder die Niederschläge gänzlich vermieden werden, was unter 300° nicht zu erreichen wäre. Es ist dabei zu beachten, daß, gleichgültig, ob die Dehnung des Dampfes in ein oder zwei Zylindern stattfindet, bei einem bestimmten Anfangsdruck und einem durch die Rücksicht auf vorteilhafteste Dehnung bestimmten Enddruck, also bei einem bestimmten Dehnungsverhältnis, die Überhitzung in jedem Fall fast gleichgroß sein muß, wenn der Taupunkt an derselben Stelle im Verlauf der Gesamtdehnungslinie liegen soll. Zu einem bestimmten Anfangsdruck und einer bestimmten Überhitzungstemperatur gehört also stets ein bestimmter kleinerer Druck, bei dem die Überhitzungswärme verbraucht ist und der Niederschlag beginnt. Bei der Verbundmaschine wird infolge des in jedem Zylinder kleineren Temperaturgefälles und auch weil der aus dem Hochdruckzylinder austretende Dampf die den Wänden entzogene Wärme noch teilweise im Niederdruckzylinder nutzbar macht, dieser Druck, bei dem der Niederschlag beginnt, zwar tiefer, aber nur unwesentlich tiefer sein als bei Zwillingslokomotiven.

c) Zwischenüberhitzung.

Bei der zurzeit noch berechtigten Annahme, daß der Hochdruckzylinder der Verbundlokomotive wegen der zeitweilig sehr hohen Füllungen sowie der hohen Spannung und Temperatur des ausströmenden Dampfes eine Dampftemperatur von mindestens 300° nicht mit Sicherheit verträgt. ist nun noch die weitere Frage zu beantworten, ob es technisch und wirtschaftlich richtiger wäre, bei Verbundwirkung des Dampfes die Dampfüberhitzung zweistufig zu gestalten, d. h. den Kesseldampf zunächst nur auf eine Temperatur zu überhitzen, die genügen würde, die Niederschlagsverluste im Hochdruckzylinder zu vermeiden und dann noch einen Zwischenüberhitzer einzuschalten zur Vermeidung der Niederschlagsverluste im Niederdruckzylinder.

Auf Grund einiger bei ortfesten Dampfmaschinen durchgeführter Versuche stellte Dr.-Ing. Berner[1]) einen beträchtlich größeren Wärmeverbrauch in der Maschine bei Zwischenüberhitzung gegenüber hoher Überhitzung des Hochdruckdampfes fest. Bei einem von Professor Gutermuth an einer Verbundmaschine durchgeführten Versuche konnte selbst durch eine Zwischenüberhitzung von 60° C eine Verminderung der Überhitzung des Hochdruckdampfes um nur 20° C nicht gutgemacht werden. Nun lassen sich diese zumeist bei Kondensationsmaschinen gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf den mit Auspuff arbeitenden Lokomotivbetrieb übertragen. Doch auch hierbei wird die gesamte Überhitzungswärme, die zur mäßigen Überhitzung des Hochdruckdampfes und zur nachträglichen Überhitzung des Aufnehmerdampfes notwendig ist, größer sein, als die zur Erreichung der gleichen Wirtschaftlichkeit der Lokomotivmaschine notwendige Überhitzungswärme bei nur einmaliger, aber hoher Überhitzung des Kesseldampfes. Ob sich dieser Verlust durch eine bessere Wärmeausnutzung im Kessel und Überhitzer wieder einbringen läßt, indem für die Zwischenüberhitzung nur ein Abgasüberhitzer verwendet wird. würde sich allein nur durch sehr eingehende, schwierige Versuche entscheiden lassen. Da jedoch bei den niedrigen Dampfspannungen im Auf-

[1]) vgl. Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1903. S. 784.

nehmer von 3 bis 4 at auch bei den hohen Füllungen des Niederdruckzylinders noch eine Überhitzung um rund 100° C (also eine Dampftemperatur von 240 bis 250° C) notwendig ist, um die Niederschlagsverluste auch in diesem Zylinder gänzlich zu beseitigen, so müßte ein solcher Abgasüberhitzer eine sehr bedeutende Heizfläche erhalten, und mit Rücksicht auf die großen Niederdruckfüllungen auch einen sehr großen Dampfquerschnitt bieten, um die Aufnehmerspannung durch den Zwischenüberhitzer nicht zu sehr zu drosseln. Ganz abgesehen von der Schwierigkeit, derartige Heizflächen in der Rauchkammer unterzubringen und dicht und sauber zu erhalten, ließe sich mit solchen Einrichtungen höchstens doch nur eine verhältnismäßig geringe Steigerung der Wirtschaftlichkeit erreichen. Dieser fragwürdigen, kleinen Erhöhung der Wirtschaftlichkeit in bezug auf Kohlenverbrauch ständen aber gegenüber die größeren Gewichte und Beschaffungskosten und die baulichen und betriebstechnischen Schwierigkeiten des in seiner Anwendungsfähigkeit beschränkten Verbundsystems mit dem schädlichen Kesseldruck von 14 bis 16 at.

Von der Annahme ausgehend, daß die hauptsächlichsten Niederschlagsverluste im Niederdruckzylinder stattfinden und durch deren Vermeidung die Wirtschaftlichkeit der Verbundlokomotiven erhöht werden könnte, wurde auch schon wiederholt die alleinige Überhitzung des Verbinderdampfes bei Verbundlokomotiven in Erwägung gezogen. Auf der Weltausstellung in Lüttich war eine von Cockerill in Seraing für Versuchszwecke gebaute Vierzylinderverbundlokomotive mit Rauchröhrenüberhitzer ausgestellt, der so eingerichtet war, daß entweder der Hochdruck- und Niederdruckdampf überhitzt werden konnte, oder der letztere nur allein. Die Versuchsergebnisse sind nicht bekannt. Wie sie aber auch ausgefallen sein mögen, eine einwandfreie Lösung dieser Frage konnten sie nicht bieten. Denn ebenso wie bei der Heißdampfzwillingslokomotive der erhöhten Leistungsfähigkeit des Heißdampfes durch eine entsprechende Zylindervergrößerung Rechnung getragen werden mußte, um bei vielseitiger Anwendungsmöglichkeit der Lokomotive die volle Wirtschaftlichkeit zu erlangen, werden auch bei einer Verbundmaschine die wirtschaftlichen Zylinderverhältnisse ganz verschieden sein, je nachdem Hoch- nud Niederdruckzylinder oder nur der letztere allein mit überhitztem Dampfe arbeiten sollen. An ein und derselben Verbundmaschine mit gleichbleibenden Zylinderverhältnissen lassen sich demnach derartige verschiedene Versuche einwandfrei überhaupt nicht durchführen.

Da bei dieser Anordnung (Überhitzung nur des Verbinderdampfes) die Niederschlagsverluste im Hochdruckzylinder, die durch die Verbundwirkung nur vermindert, aber nicht beseitigt werden, noch weiter fortbestehen, so kann auch selbst bei einer von vornherein besten Wahl der Zylinderverhältnisse für diese Art der Anwendung überhitzten Dampfes bei etwa mittlerer Beanspruchung der Lokomotive nicht dieselbe Wirtschaftlichkeit für alle Beanspruchungen erwartet werden, wie bei einer genügend hoch getriebenen Überhitzung des Hochdruckdampfes. Solange aber eine solche bei Verbundlokomotiven aus betriebstechnischen Rücksichten unzulässig bleibt, wird sich selbst unter günstigen Umständen eine lohnende Dampfersparnis gegenüber der einfachen Heißdampfzwillingslokomotive nicht erreichen lassen.

d) Nachteile der Verbundlokomotiven.

Im besten Fall ist also bei der Heißdampfverbundwirkung nur unter günstigen Beanspruchungen eine geringe Kohlenersparnis zu erwarten, entsprechend dem Grade der an sich geringen Überhitzung, die aber in keinem gesunden Verhältnis zu den vermehrten baulichen Schwierigkeiten, Anschaffungs- und Unterhaltungskosten und der Verminderung der Leichtigkeit der Bedienung, der Sicherheit des Anfahrens und der Anwendungsmöglichkeit der ganzen Lokomotive steht. Vor allem ist keine nennenswerte Steigerung der Leistungsfähigkeit zu erwarten, weil eigentlich nur ein günstigster Füllungsgrad für eine bestimmte mittlere Leistung und Überhitzung vorhanden ist. Höhere Füllungen müssen zu unmittelbarer Dampfverschwendung, geringere dagegen zu Niederschlagsverlusten führen, so daß die mit einer geringen Überhitzung erreichte Wirtschaftlichkeit wieder herabgezogen wird.

Die Leistungsfähigkeit läßt sich nicht annähernd so vergrößern und wirtschaftlich so abstufen wie bei einer richtig gebauten Heißdampfzwillingslokomotive mit großen Zylindern. Dies ist die Ursache für die den Verbundlokomotiven so oft und mit Recht vorgehaltene mangelnde Anpassungsfähigkeit an das Gelände. Rechnet man dann noch die Schwierigkeiten beim Anfahren, die vermehrten Kesselreparaturen infolge der schädlichen hohen Kesselspannungen von 14 at und darüber, die vermehrten Anschaffungs- und Unterhaltungskosten hinzu, dann kann es auf keinen Fall empfohlen werden, wegen einer nur unter günstigen Beanspruchungen möglichen geringen Kohlenersparnis die großen Vorzüge der einfachen Zwillingsanordnung aufzugeben.

Die Frage der Anzahl der Zylinder ist hierbei noch nicht in Betracht gekommen.

6. Vor- und Nachteile der Mehrzylinderlokomotiven.

In Hinsicht auf die erforderliche Größe der Dampfarbeit in den Zylindern wird die Zwillingsanordnung stets ausreichen und bei Anwendung genügend hoher Überhitzung wird selbst die größtmögliche Arbeitsleistung auch wirtschaftlich erfolgen. Darüber sind auch die gemäßigten Anhänger der Naßdampfvierzylinderverbundlokomotiven einig und auch darüber, daß die Anwendung von mehr als zwei Zylindern wegen zu großer Niederdruckzylinder und wegen Beschränkung der sogenannten störenden Bewegungen vorwiegend nur für sehr schnell fahrende Lokomotiven empfohlen werden sollte.

Einzig und allein für sehr schnell fahrende und nicht zu schwere Züge könnte es in der Tat in Frage kommen, für die je nach Anordnung der Zylinder verschiedenen, zum Teil sehr fraglichen kleinen Vorteile auch die nicht zu vermeidenden schweren Nachteile in Kauf zu nehmen, die die Anwendung von Vierzylinderlokomotiven mit sich bringt. Als wesentliche Nachteile der drei- und vierzylindrigen Schnellzuglokomotiven sind anzuführen:

a) Bei nur geringer Vermehrung der Leistungsfähigkeit z. B. gegenüber den gewöhnlichen vierachsigen $^2/_4$-gek. Zweizylinderlokomotiven die Notwendigkeit einer fünften und sechsten Achse und damit Vermehrung des Eigenwiderstandes und des Widerstandes im Gleise.

b) Wesentliches Anwachsen der Größenverhältnisse der Lokomotiven, eine starke Vermehrung des Gewichts des Kessels, der Rahmen, der Achsen und der Zylinder.

c) Die Notwendigkeit zweier Triebwerke, von denen eins versteckt und schwierig erreichbar für die Schmierung, Wartung und Unterhaltung, zwischen dem Rahmen und dem Kessel liegend angeordnet werden muß.

d) Die vielgliedrige und teuere Steuerung.

e) Die gekröpften, sehr kostspieligen Achsen. Wenn diese auch heute bei Anwendung von zähen Stahlsorten und unter Anwendung von starken Schrumpfbändern etwas fester herzustellen sind als früher, so steht doch sehr in Frage, wie sie sich den wesentlich erhöhten Anforderungen an die Leistungen der Lokomotiven gegenüber verhalten würden und ob die Betriebssicherheit bei den durch die Raumverhältnisse beschränkten Abmessungen trotz besseren Materials nicht bedenklich herabgezogen werden wird. Für die Unterhaltung und Wartung, sowie für die Werkstätten müssen die gekröpften Achsen bei den an den Kurbelschenkeln vorzunehmenden Arbeiten und bei den durch das öfter auftretende Heißlaufen entstehenden Schäden auf alle Fälle viel kostspieliger bleiben als die betriebssichere, einfache Triebachse.

f) Die Verteuerung der Schmierung, da diese für die vier, wenn auch etwas kleineren Dampfmaschinen fast den doppelten Betrag erfordert gegenüber dem viel einfacheren Triebwerke der Zwillingslokomotive.

g) Kurze Schubstangen der Innenmaschine und daher größere, periodische Belastungen der Triebachsen.

Unter allen Umständen bringt also die Anwendung von vier Zylindern eine wesentliche Steigerung der Kosten für die Beschaffung, den Betrieb und die Unterhaltung mit sich und erfordert eine wesentlich höhere Inanspruchnahme der Lokomotivmannschaften.

Was die Wärmeausnutzung in den Zylindern anbetrifft, so kann diese in zwei kleineren Dampfmaschinen selbstverständlich nicht besser, sondern nur schlechter sein als in einer einzigen größeren, gleichstarken Maschine. Nur wo der Niederdruckzylinder einer Zweizylinderverbundlokomotive das zulässige Maß erreicht hätte, ließe sich durch Anwendung von vier Zylindern bei unverhältnismäßig vergrößertem Kesselgewicht die Maschinenleistung etwas, jedenfalls aber nur ganz unwesentlich, steigern. Wird eine bessere Wärmeausnutzung dagegen durch gleichzeitige Steigerung des Kesseldrucks von 12 auf 14, ja 16 at angestrebt (was mit der Anwendung von vier Zylindern nichts zu tun hat, dennoch aber ganz allgemein in Aufnahme gekommen ist), so stehen diesem Vorgehen noch die wesentlich höheren Unterhaltungskosten des Kessels bei höherem Gewicht desselben entgegen.

Die Vorteile der Anwendung von drei und vier Zylindern können also, wie schon betont, hauptsächlich nur in der Beschränkung sogenannter störender Bewegungen gesucht werden.

Die Anhänger der Dreizylinderlokomotive wollen neben der Erreichung eines besseren Anfahrvermögens die Schlingerkräfte vermeiden, müssen aber dafür stärkeres Zucken, als bei Zwillingslokomotiven auftritt, in den Kauf nehmen, während die Anhänger der Vierzylinderlokomotive das Zucken vermindern wollen, aber fast dieselben Schlingermomente zulassen.

Daß bei der Bauart einer an vier Stellen angegriffenen Kurbelachse

sich nebenher die Eigenschaft ergibt, daß die Hauptachslager mäßiger beansprucht werden, ist zweifellos ein Vorteil der Vierzylinderlokomotive hinsichtlich geringeren Verschleißes in den Lagern und dadurch längerer Erhaltung des ruhigen Ganges der Achsschenkel in den Lagern. Es ist jedoch auch hier zu bedenken, daß nur durch Hinzufügung und Beanspruchung der inneren Kurbelzapfen an der gekröpften Achse und mit einer wesentlichen Vermehrung des Triebwerkes eine Entlastung der Achslager erreicht werden kann, wobei die Anordnung von vier Triebwerken an einer Achse die Länge der Achsschenkel für große Leistungen stark einschränkt, während bei einer Zweizylinderlokomotive für eine genügende Schenkelbemessung an der einfachen Achse bauliche Schwierigkeiten nicht vorhanden sind.

Die *Dreizylinderanordnung* erhält Lagerdrücke wie die Lokomotiven gewöhnlicher Bauart und hat (neben voller Größe der Zuckbewegung) unter Umständen, wie z. B. bei den $^3/_6$-Dreizylindertenderlokomotiven der Preußischen Staatsbahnen, den Nachteil, daß auch die Kuppelachse eine Kropfachse ist, und nur den einen Vorzug, daß die Mittelkraft sämtlicher Kräfte, und zwar nicht nur der Massenkräfte, sondern auch der durch die Maschine an den Schienen erzeugten Zugkräfte, in die Längsachse der Lokomotive fällt.

Wird nun erwogen, daß die sogenannten störenden Bewegungen in sich geschlossene, hin und her gehende, sich nicht zusammensetzende Kräfte hervorrufen, und bei Zweizylinderlokomotiven der Ausgleich der hin und her gehenden Massen nicht zu weit getrieben werden darf, weil sonst zu starke Schwankungen der Achsbelastungen innerhalb einer Radumdrehung eintreten, ferner, daß Zweikurbellokomotiven mit Geschwindigkeiten bis zu 120 km/St. und mehr dauernd und gefahrlos schon jetzt gefahren werden, so erscheint die Auffassung berechtigt, daß wenigstens bei den heute geltenden und in absehbarer Zeit zu erwartenden praktischen Höchstgeschwindigkeiten die Anwendung von mehr als zwei Zylindern nicht eine Frage größerer Leistungsfähigkeit und Schnelligkeit, sondern einzig und allein nur geringeren Verschleißes einiger Lagerungsteile, *nicht aber längerer Erhaltung der Lokomotive selbst und noch weniger des ruhigen Laufes im Geleise ist*, soweit dieser mit den genannten Ursachen zusammenhängt.

Es ist eine durch praktische Versuche erwiesene Tatsache, daß richtig gebaute und — wie sich dies gehört — in gutem Zustande erhaltene Zwillingslokomotiven bei allen praktischen Geschwindigkeiten vollkommen ruhig laufen. Dies wurde z. B. bei den neueren Heißdampfzwillingslokomotiven der Preußischen Staatsbahnen auch dann noch erreicht, als nach den Angaben des Verfassers die Gegengewichte für eine teilweise Ausgleichung der hin und her gehenden Triebwerkmassen ganz fortgelassen und dafür eine straffere Tenderkuppelung eingeführt wurde. Dadurch wurde gleichzeitig in einfacher Weise ein Vorteil der Vierzylinderlokomotiven erreicht: der Fortfall senkrechter Fliehkräfte in den Triebrädern mit ihren gleiszerstörenden, periodisch wiederkehrenden Be- und Entlastungen. Was aber dafür bei Vierzylinderlokomotiven bisher stillschweigend in den Kauf genommen wurde, das sind die infolge zu kurzer Schubstangen bedeutend vergrößerten senkrechten Kreuzkopfdrücke, die das Drehgestell und die Triebachsen ab-

Digitized by Google

wechselnd belasten und auf das Gleis ebenso schädlich wirken, wie die senkrechten Fliehkräfte der Gegengewichte, die durch die Vierzylinderanwendung kostspielig genug beseitigt wurden. In dieser Hinsicht ist die einfache Zwillingslokomotive mit langem, festen Radstand und langen Triebstangen der Mehrzylinderlokomotive entschieden überlegen.

Bei dieser Sachlage wird es sich vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkte empfehlen, zunächst bei der einfachen Zweizylinderlokomotive alle die naheliegenden baulichen Mittel anzuwenden, die zu Gebote stehen, um vorzeitigem Verschleiß der Lagereinrichtungen vorzubeugen. Es wird also dieser einfachsten Lokomotivart für die vermehrte Leistung die entsprechende Durchbildung der Einzelteile zu geben und der Standpunkt festzuhalten sein, daß größere Vielteiligkeit auch größere Unsicherheit und Gefahr, sowie größere Betriebs- und Unterhaltungskosten mit sich bringt.

Zu den einfachen baulichen Mitteln, mit denen die fraglichen Verbesserungen insbesondere bei der Zwillingsschnellzuglokomotive durchaus befriedigend erreicht werden können, sind außer der Anordnung eines möglichst großen, festen Radstandes zu rechnen:

a) Wahl besten Materials für Kolben, Kolbenstangen, Kreuzkopf- und Triebstangen, um bei richtiger Formgebung kleinste Gewichte dieser Teile zu erhalten. Gegebenenfalls würden Kolbenstange und Kreuzkopfzapfen hohl auszuführen sein.

b) Vergrößerung der Achsschenkel und Kurbelzapfen; Einführung dreiteiliger Achslager, um den Kolbendruck besser aufzunehmen und den Verschleiß der Lager genügend herabzuziehen.

c) Gute Versteifung des Rahmens in der wagerechten Mittelebene der Zylinder, um die Zylinderdeckeldrücke besser zu dem Punkte der entsprechenden Gegendrücke, d. h. den Achsbüchsen hinzuleiten, deren Gleitflächen genügend zu vergrößern und mit guten Schmiereinrichtungen zu versehen sind.

d) Wahl besten Federstahls und bestmögliche Abfederung.

e) Richtige Bemessung der Kompression. Die Rücksicht auf Dampfwirtschaftlichkeit muß bei Bemessung der schädlichen Räume und der Kompression etwas zurücktreten gegen die Rücksicht auf ruhigen Gang des Triebwerks.

f) Verbesserung der Verbindung zwischen Lokomotive und Tender durch eine der vermehrten Leistung entsprechend verstärkte Querfeder und eine Kuppelung, die durch geringen Flächendruck der zusammen arbeitenden Teile vor schneller Abnutzung bewahrt bleibt. Erhaltung einer straffen Kuppelung zwischen Lokomotive und Tender.

g) Herabsetzung des Betriebsdruckes bei Heißdampflokomotiven von 12 auf 11 oder 10 at. Die höchsten Lagerdrücke in den Kurbeltotpunkten können hierbei auch bei starker Vergrößerung der Durchmesser der Dampfzylinder und höchster Leistung der Lokomotive in praktisch vorteilhaften Grenzen gehalten werden.

Nach vorstehenden Gesichtspunkten sind die neueren Heißdampfschnellzuglokomotiven der Preußischen Staatsbahnen entworfen worden, die sowohl in bezug auf Geschwindigkeit als auf Zugkraft allen Ansprüchen auch in absehbarer Zukunft noch genügen werden.

Sollte wirklich irgendwo das Bedürfnis bestehen, auf besonders ge-

bauten, möglichst wagerechten Strecken leichtere Schnellzüge in der Tat mit Durchschnittsgeschwindigkeiten von etwa 110 km/st, d. h. also mit Höchstgeschwindigkeiten bis über 140 km zu befördern, dann erst mag ein wirkliches Bedürfnis für den Bau von Vierzylinderlokomotiven vorliegen. Wenn dann durchaus, dem Massenausgleich zuliebe, Vierzylinderlokomotiven gebaut werden sollen, dann sei für diesen Zweck aber eine einfache $^2/_4$-gekuppelte Heißdampfdoppelzwillingslokomotive mit vier gleichen Hochdruckzylindern und einem langen, festen Radstand empfohlen. Stärkere Züge, wie mit dieser Lokomotive befördert werden können, sollten überhaupt mit so großer Geschwindigkeit nicht gefahren werden. Durch Hinzufügung einer fünften oder sechsten Achse in der üblichen Weise (Atlantic-Type) würde die einfache $^2/_4$-gekuppelte Gattung ihre besondere Eignung für sehr hohe Geschwindigkeiten verlieren.

Die Eigenwiderstände nehmen stark zu, die Krümmungsbeweglichkeit, die Geschmeidigkeit und die Sicherheit des Laufes in Krümmungen nimmt stark ab; die Lokomotive wird zu schwer und ist damit nicht mehr leicht in große Geschwindigkeiten zu bringen und nur mit großen Verlusten vor jeder Krümmung und jedem sonstigen Streckenhindernis abzubremsen.

Die viel einfachere $^2/_4$-gekuppelte Doppelzwillingslokomotive nimmt es sicher an Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit mit jeder 4-4-2 Lokomotive, die bei gleichem Triebraddruck überhaupt denkbar ist, auf und muß diese für hohe Geschwindigkeiten nicht geeigneten mit ihrem kurzen, festen Radstand, ihren kurzen Triebstangen und ihrer hinteren, entweder in Krümmungen klemmenden, oder die Gleise zerschlagenden Laufachse sogar geradezu verkehrt gebauten Lokomotiven in der Ruhe des Ganges im Gleise und somit der Schonung der Gleise weit übertreffen. Nur für den Fall, daß die vier Achsen der bewährten $^2/_4$-gekuppelten Schnellzuglokomotive, infolge Beschränkung der zulässigen Achslasten, das notwendige Kesselgewicht nicht mehr tragen können, also nur mit Rücksicht auf die Kesselleistung, nicht mit Rücksicht auf den Gang der Lokomotive, ist eine fünfte Achse zulässig, die aber dann zwischen dem Drehgestell und den Triebachsen als eine (4 + 2) — 4 — 0 Lokomotive angeordnet werden sollte. Selbstverständlich darf diese Achse nur als Tragachse ausgebildet werden; sie darf ebensowenig wie die folgende Triebachse in Krümmungen anlaufen. Allein die Hinterachse darf führen, damit der (4+2)—4—0 Lokomotive der Charakter der 4-4-0 im geraden Gleise und in Krümmungen verliehen wird. Am einfachsten wird dies erreicht, wenn, wie bei der preußischen 4-6-0 Heißdampflokomotive, die Flanschen der dritten Lauf- und der Triebachse entsprechend schwächer gedreht werden.

7. Überhitzerbauarten.

Allgemein kann man die Lokomotivkesselüberhitzer unterscheiden in solche, bei denen:

a) ein großes Temperaturgefälle eines Teiles der lebendigen Heizgase (Rauchröhren- und Rauchkammerüberhitzer), oder

b) ein kleiner Teil des Temperaturgefälles der gesamten lebendigen Heizgase zur Überhitzung herangezogen wird (Siederohrüberhitzer), oder

c) nur die Abgase für die Überhitzung benutzt werden (Abgasüberhitzer), oder aber

d) zur Beheizung des Überhitzers eine besondere Feuerung benutzt wird.

Die letztere Gattung hat bei Lokomotiven bisher eine praktische Anwendung nicht gefunden und soll daher hier nicht weiter besprochen werden.

Bei den bisher für Lokomotiven verwendeten Überhitzerbauarten werden stets die Heizgase der Kesselfeuerung zur Überhitzung des Dampfes benützt. Auch von diesen sollen hier nur die wichtigsten Bauarten, die bereits praktische Verwendung gefunden haben, hervorgehoben werden.

a) Rauchröhrenüberhitzer.

Diese Grundgattung verdankt ihr Entstehen dem Zivilingenieur W. Schmidt, der zwei Hauptbauarten dieser Gattung entwickelt hat:

α) Der Flammrohrüberhitzer von Schmidt.

Dieser Überhitzer stellt den ersten gelungenen Versuch dar, hochüberhitzten Dampf im Lokomotivkessel zu erzeugen. Er wurde zum erstenmale im Jahre 1897 bei zwei Lokomotiven der Preußischen Staatsbahnen verwendet, die sich, nebenbei bemerkt, gegenwärtig noch in befriedigendem Betriebe befinden. Dieser Überhitzer besteht aus einem im Langkessel eingebauten, 450 mm weiten Flammrohr, in dem sämtliche U-förmigen Überhitzerröhren kreisförmig angeordnet sind.

Diese Bauart Schmidts war von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung der Heißdampfanwendung im Lokomotivbetriebe. Die durch diese Überhitzerbauart gesammelten Erfahrungen hat Schmidt bei seinen weiteren wichtigen Erfindungen benutzen können, und sie sind auch für den Verfasser der Ausgang für den weiteren Ausbau der Heißdampflokomotive geworden. Bei dem gegenwärtigen Stande der Entwicklung der Heißdampflokomotive hat diese Überhitzerbauart allerdings nur noch geschichtlichen Wert, denn sie konnte sich im Betriebe als erster Versuch, hoch überhitzten Dampf zu erzeugen und zu verarbeiten, naturgemäß nicht vollkommen bewähren.

Die Mängel dieser Bauart führten Schmidt zur Erfindung seines Rauchröhrenüberhitzers, der, wie wir sehen werden, nur eine Abart des Flammrohrüberhitzers ist.

Allerdings wurde der Rauchröhrenüberhitzer nicht sofort nach seiner Erfindung bei den Preußischen Staatsbahnen eingeführt, sondern es wurde zunächst der auch von Schmidt stammende Rauchkammerüberhitzer angewendet, mit dem etwa 500 Lokomotiven ausgerüstet wurden. Dieser Überhitzer ist in der Rauchkammer eingebaut und besteht aus drei Reihen, der zylindrischen Rauchkammerwand entsprechend gebogenen Überhitzerröhren, die durch heiße Gase, die durch ein etwa 300 m weites Flammrohr zugeführt werden, beheizt werden.

Erst 1905 wurde diese Überhitzerbauart, die sich übrigens bestens bewährte, durch den Rauchröhrenüberhitzer verdrängt, nachdem dieser von Schmidt wesentlich verbessert worden war und sich ebenso wirtschaftlich aber billiger in der Herstellung und Unterhaltung erwiesen hat als der Rauchkammerüberhitzer.

β) Der Rauchröhrenüberhitzer von Schmidt.

In den Abb. 3 und 4 sind Rauchröhrenüberhitzer von Schmidt neuester Bauart dargestellt. Der Langkessel enthält oben zwei bis drei Reihen größerer Rauchröhren von 118 bis 136 m lichten Durchmesser, die zur

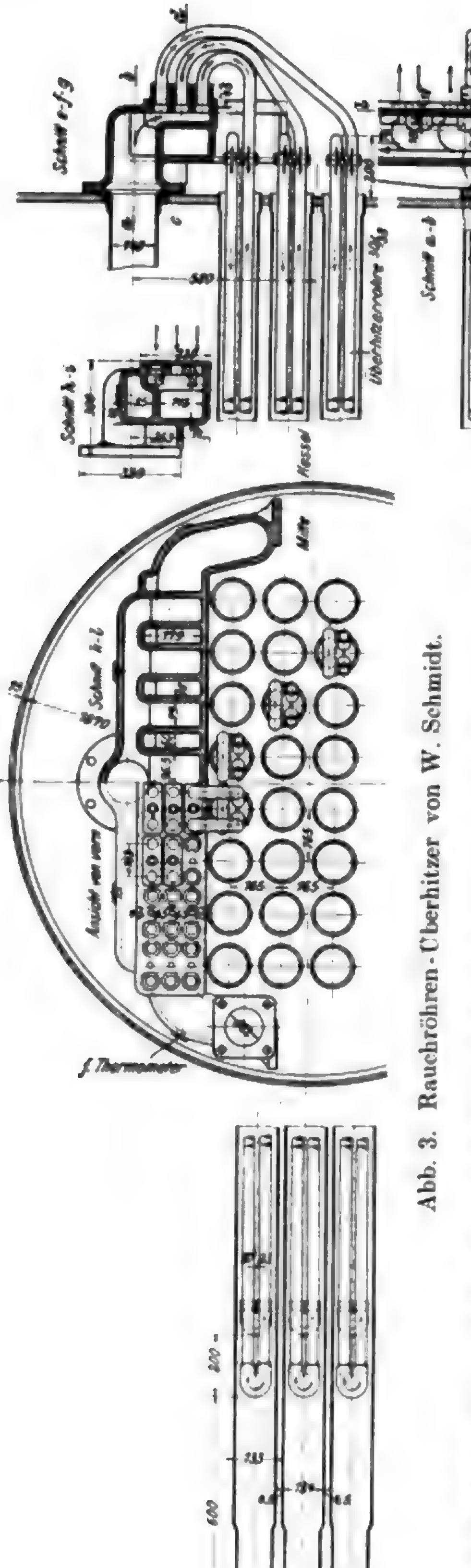


Abb. 3. Rauchröhren-Überhitzer von W. Schmidt.

Verbesserung des Wasserumlaufs in der Nähe der Feuerbüchsrohrwand auf eine größere Länge auf einen kleineren Durchmesser eingezogen sind; die Einwalzstellen am Feuerbüchsende sind mit in das Rohr eingedrehten Rillen von 0·75 mm Tiefe versehen und werden in der üblichen Weise eingewalzt und umgebördelt.

In jedem Rauchrohre befindet sich ein Überhitzerelement, bestehend aus zwei U-Röhren, die durch eine Schleife in der Rauchkammer zu einem einzigen Rohrstrang vereinigt sind. Der Dampf wird in den Überhitzerröhren eines jeden Rauchrohres zweimal hin und zurück geführt. Die beiden Enden eines jeden Überhitzerelementes sind in der Rauchkammer abgebogen und in einen gemeinsamen, kräftigen Flansch eingewalzt, der durch einen in der Mitte zwischen den beiden durch Kupferasbestringe abgedichteten Öffnungen sitzenden starken Schraubenbolzen am Dampfsammelkasten befestigt wird und zwar entweder an einem senkrechten Flansch (Abb. 3) mittels wagerecht angebrachter Stiftschrauben oder an einem wagerechten Flansch (Abb. 4) mittels senkrechter Schlitzschrauben.

Die erste Bauart (Abb. 3), bei der eine Rückwärtskrümmung der Überhitzerröhren erforderlich ist, hat den Nachteil, daß die Rauchkammer etwas länger gebaut werden muß, damit die Klappen hinter dem Funkenfänger genügend Platz finden, gewährt aber eine leichtere Zugänglichkeit zu den Muttern der Stiftschrauben und eine etwas bessere Ausnützung der Heizgase und ist deshalb bis jetzt bei den

Digitized by Google

preußischen Heißdampflokomotiven angewendet worden.

Die zweite Bauart (Abb. 4) hat den Vorteil der Vermeidung der doppelten Krümmung der Überhitzerröhren und der Möglichkeit, die Klappen leichter selbstschließend anordnen zu können.

Bei einer älteren, übrigens auch bewährten Anordnung, bestand jedes Überhitzerelement nur aus zwei getrennten U-Röhren, in denen der Dampf nur **einmal** hin- und zurückgeführt wurde.

Bei der neuen Bauart mit Doppelschleifenanordnung ist die Dampfgeschwindigkeit in den Überhitzerröhren wesentlich höher, wodurch eine bessere Abkühlung und damit eine längere Lebensdauer der Überhitzerröhren erzielt wird. Vor allem konnte aber dabei die Befestigung der Überhitzerelemente am Dampfsammelkasten wesentlich verbessert werden. Es sind nur so viele Überhitzerelemente vorhanden als Rauchröhren und jedes Element bedarf nur einer einzelnen Schraube zur Befestigung.

Der gewöhnlich aus Zylindergußeisen hergestellte Dampfsammelkasten ist so unterteilt und mit dem Kessel und Schieberkasten verbunden, daß der Dampf durch sämtliche Überhitzerelemente hindurchströmen muß, um vom Kessel in die Zylinder zu gelangen.

Die Feuergase strömen zum Teil durch die unten liegenden normalen Siederöhren, zum Teil durch die oben liegenden großen Rauchröhren und geben hierbei ihre Wärme teilweise an das sie umgebende

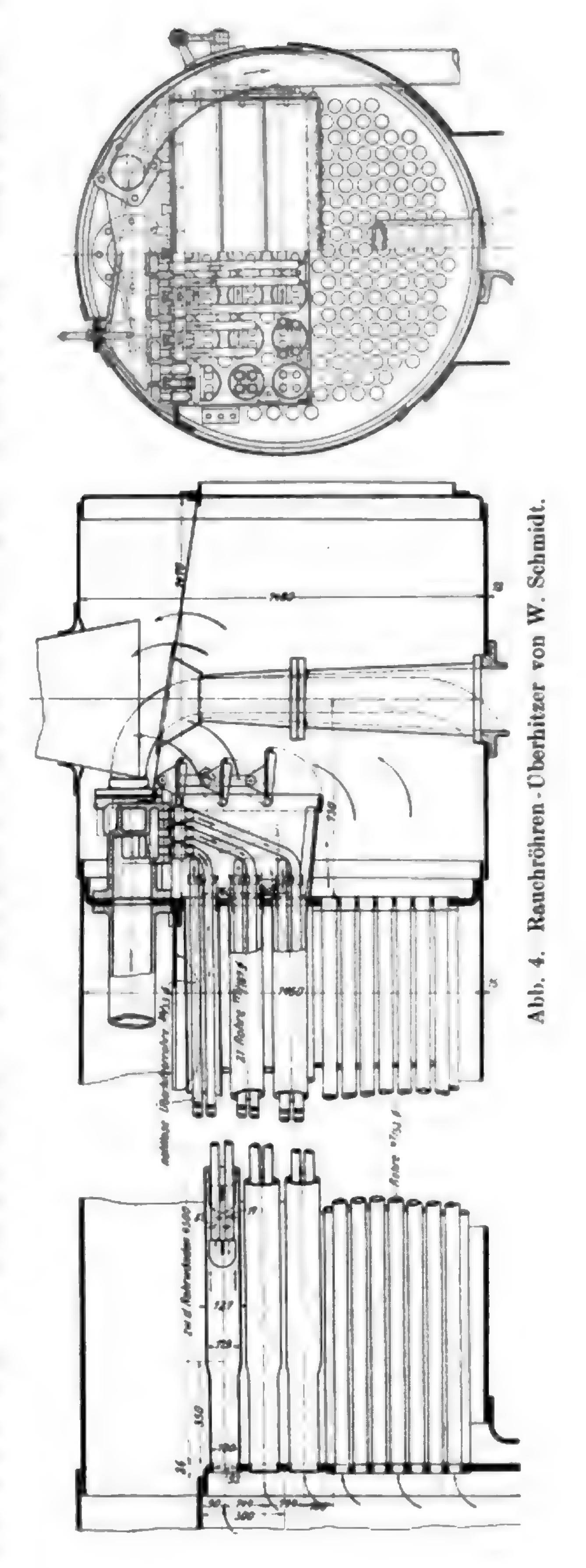


Abb. 4. Rauchröhren-Überhitzer von W. Schmidt.

Kesselwasser, vorwiegend aber an die innen liegenden Überhitzerröhren ab. Der Durchzug der Gase durch die großen Rauchröhren wird durch in der Rauchkammer befindliche Klappen geregelt, die durch Dampfkraft offengehalten werden, so lange der Regler geöffnet ist (selbsttätige Einrichtung zur Klappenregelung, Automat), und nach Reglerschluß durch ein Gegengewicht oder eine Feder in die Schlußstellung zurückgehen. Im Stillstande der Lokomotive und beim Fahren ohne Dampf findet demnach kein Durchzug der Gase durch die Rauchröhren und somit auch keine Beheizung der in diesem Falle nicht vom Dampf gekühlten Überhitzerröhren statt. Es ist dadurch einem Erglühen der Röhren wirksam vorgebeugt. Die Überhitzerklappen können außerdem auch während der Fahrt unter Dampf durch ein Handrad vom Führerstande aus ganz oder teilweise geschlossen und geöffnet werden, wodurch der Führer unabhängig vom Automaten die Überhitzung regeln kann.

Die selbsttätige Einrichtung zur Regelung der Überhitzerklappen (der Automat) sitzt außen an der linken Seite (Heizerseite) der Rauchkammer und besteht aus einem kleinen Dampfzylinder mit Kolben, dessen Bewegung durch Hebelübersetzung auf die Überhitzerklappen übertragen wird. Der Raum hinter dem Kolben ist durch ein Rohr in ständiger Verbindung mit dem Schieberkasten. Sobald der Regler geöffnet wird und Dampf vom Schieberkasten in den Automaten tritt, öffnen sich die Klappen selbsttätig, um sich nach Reglerschluß zu schließen, wenn der Dampfdruck im Schieberkasten und Automaten aufhört.

Die Reinigung der großen Rauchröhren mit den darin befindlichen Überhitzerelementen von Ruß und Asche erfolgt am leichtesten, durch Druckluft oder Dampf, am besten von der Rauchkammer aus. Die Reinigung durch Druckluft von 10 at ist vorzuziehen, und es ist zweckmäßig, auch die gewöhnlichen Siederöhren in derselben Weise zu reinigen. Die Reinigung mittels Dampf ist nur bei angeheizten Lokomotiven zulässig. Ein besonderer Vorzug dieser Überhitzerbauart ist die leichte Auswechselbarkeit eines jeden einzelnen Überhitzerelementes durch Lösen einer einzigen Schraube, ohne daß der ganze Überhitzer herausgenommen zu werden braucht, sowie die bequeme Zugänglichkeit eines jeden einzelnen Elementes und der Rauchröhren.

Die Rußausblasevorrichtung besteht aus einem langen, dünnen Gasrohr, das von der Rauchkammertür bis zur Feuerbüchsrohrwand reichen soll und das vorne mit einer harten, vierkantigen Stahlspitze versehen ist, in deren vier Seitenflächen sich Löcher von 3 mm Durchmesser befinden, durch die die Preßluft in der Richtung der Stahlspitze austreten kann. Hinten ist das Rohr mit einem leichtgängigen Lufthahn versehen, der mit dem Preßluftschlauch verbunden wird. — Zum Ausblasen sind zwei Mann notwendig; der eine hält den hinteren Teil der Vorrichtung, der andere führt die Gasrohrspitze durch die einzelnen Rauchrohre durch. Bei durch Nachlässigkeit verstopften Rohren ist es notwendig, mit der Stahlspitze den Zunder unter Blasen zu lockern und so langsam vorzudringen. Im regelmäßigen Betriebe ist ein Rohr in einer halben Minute sauber gereinigt. — Die Vorrichtung läßt sich mit Vorteil auch zum Ausblasen der gewöhnlichen Siederohre verwenden.

Der Rauchröhrenüberhitzer von Schmidt und die großen Erfolge, die hiermit erzielt wurden, bildeten den Ausgangspunkt für den Nachbau

einer sehr großen Reihe etwas abgeänderter vielteiligerer Bauarten von Lokomotivüberhitzern. Einige derselben sollen im folgenden kurz besprochen werden.

γ) Der Schenectady-Überhitzer.

In Abb. 5 ist eine neuere Bauart des von F. C. Cole, Oberingenieur der American Locomotive Co., angewendeten sog. „Schenectady“-Überhitzers dargestellt. In der ursprünglichen Anordnung, die im Jahre 1904 zum erstenmale ausgeführt wurde, benutzte Cole Field-Röhren, diese hatten jedoch den prinzipiellen Fehler, daß der im innersten Rohr strömende Naßdampf den ihn umspülenden, in entgegengesetzter Richtung strömenden, überhitzten Dampf abkühlte, so daß sich eine genügend hohe wirtschaftliche Überhitzung nicht erreichen ließ. Cole gab daher die Verwendung von Field-Röhren auf und benutzte bei späteren Anordnungen die U-Röhren

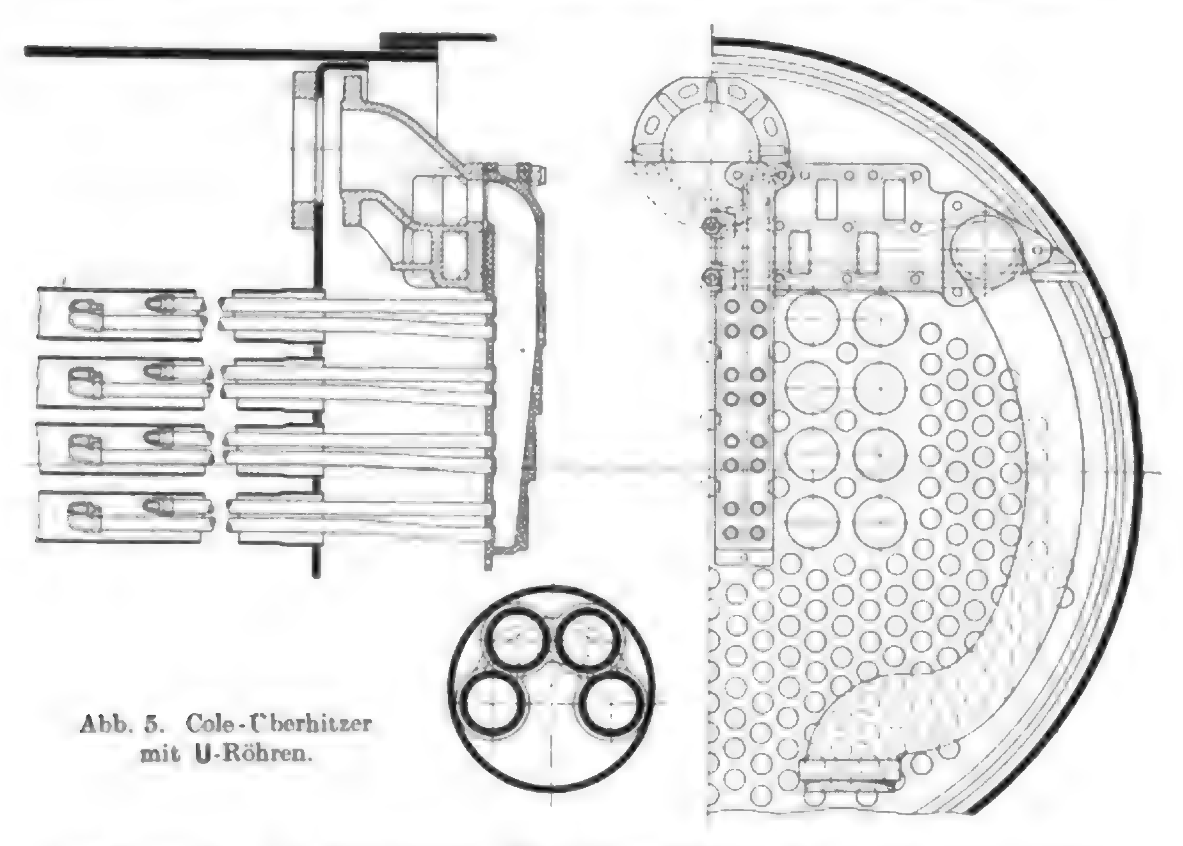


Abb. 5. Cole-Überhitzer mit U-Röhren.

von Schmidt. Der Schenectady-Überhitzer näherte sich damit noch weiter der Schmidtschen Bauart; der einzige Unterschied besteht nur darin, daß Cole Teilsammelkästen anwendet, während Schmidt Abbiegung der Röhren in der Rauchkammer vorsieht. Dieser Unterschied bedeutet aber keine Verbesserung gegenüber dem Schmidtschen Rauchröhrenüberhitzer, weil durch die herunterhängenden Teilsammelkästen die Kesselrohrwand verbaut, die Reinigung und das Nachdichten der Rauchröhren erschwert und der Durchgang der Heizgase sehr behindert wird. Die Zahl der Verschraubungen und der abzudichtenden Öffnungen ist bei der Coleschen Bauart viel größer als bei dem Rauchröhrenüberhitzer von Schmidt. Bei vier Überhitzerelementen nach Bauart Schmidt sind nur acht Rohröffnungen mit vier Schrauben abzudichten, während bei der Bauart Cole für jedes Überhitzerelement zunächst 16 Rohröffnungen im Teilkasten einzuwalzen,

dann 16 Öffnungen, die zum Einführen der Rohrwalzen dienen, mit 16 großen Verschraubungen zu verschließen und endlich die beiden großen, rechteckigen Öffnungen der Teilkammern mit sechs Klemmschrauben gegen den Hauptdampfsammelkasten abzudichten sind.

Die Colesche Bauart ist demnach vielteiliger, unzugänglicher, schwerer und teurer als die Bauart von Schmidt, von der sie sich nur durch rein bauliche Einzelheiten unterscheidet, die keinen Fortschritt bedeuten.

δ) **Der Vaughan-Horsey-Überhitzer** (Abb. 6).

Die Canadian Pacific Railway hatte bereits Ende 1903 eine größere Anzahl Heißdampflokomotiven mit Schmidtschem Rauchröhrenüberhitzer beschafft, die sich bestens bewährten, was zu einer Einführung von Heißdampflokomotiven bei der Canadian Pacific Railway in großem Maßstabe führte. Späterhin wurde der Schmidt-Überhitzer in einer von Vaughan, Superintendent of Motive Power, und Horsey, Mechanical Engineer der Canadian Pacific Railway, etwas abgeänderten Bauweise benützt.

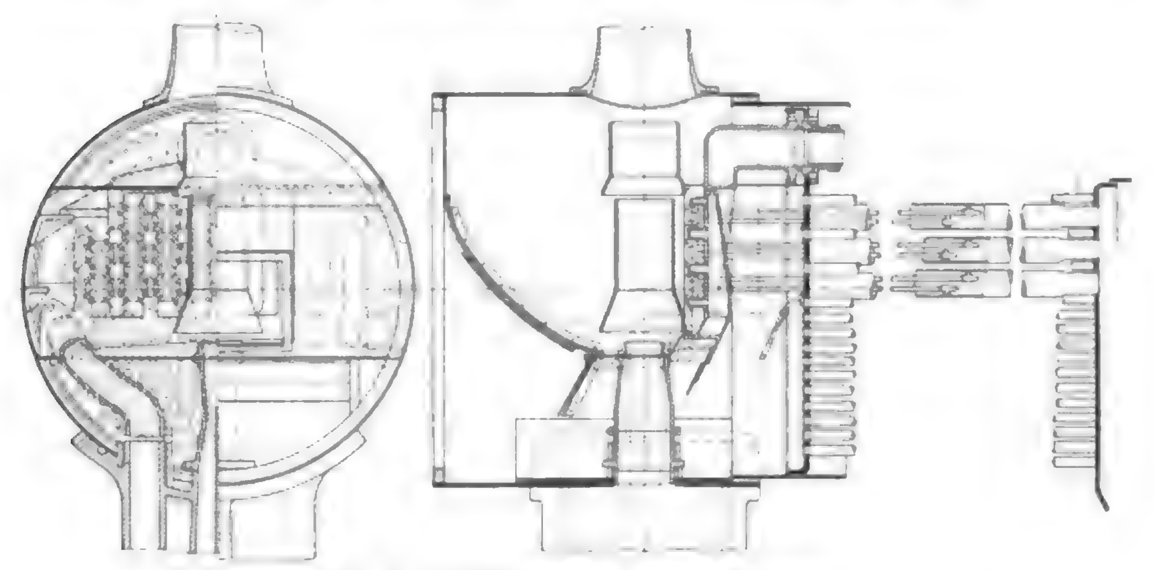


Abb. 6. Überhitzer von Vaughan-Horsey.

Auch Vaughan-Horsey benutzen Rauchröhren von etwa 125 mm Durchmesser, in denen je zwei U-förmige Schmidtsche Überhitzeröhren untergebracht sind. Naßdampfverteilkasten und Heißdampfsammelkasten sind jedoch voneinander getrennt. Von dem unten liegenden Sammelkasten für den überhitzten Dampf erstrecken sich schmale Teilsammelkanäle fingerartig nach oben, in denen je vier Rohrstutzen eingeschraubt werden, die durch zwölf große Überwurfmuttern mit den Heißdampfenden der Überhitzerröhren verbunden sind. Der Naßdampf tritt aus dem großen Dampfverteilkasten in entsprechende, den Teilkanälen für den überhitzten Dampf nachgeformte, schmale Kanäle, die zwischen jenen liegen und sich von oben nach unten erstrecken. Die Verbindung der Naßdampfenden der Überhitzerröhren mit diesen Verteilkanälen des Naßdampfkastens geschieht ebenfalls durch Rohrstutzen und Überwurfmuttern, und zwar sind auch hier mit jedem Rohrstutzen vier Überhitzröhren verbunden. Die in einem Rauchrohr befindlichen vier Überhitzerröhren sind demnach bei Vaughan durch vier Stück Verschraubungen von etwa 45 mm Durch-

Digitized by Google

messer mit den Sammelkästen verbunden. **Schmidt benötigt für den gleichen Zweck eine einzige, einfache, einzöllige Schraube.** Das Herausnehmen einzelner Überhitzerelemente ist daher bei der **Vaughanschen** Anordnung nicht erleichtert. Für den gezeichneten Überhitzer mit 22 Rauchröhren sind $4 \times 22 = 88$ **Stück** $1\,^3/_4$**-zöllige Überwurfmuttern notwendig;** Schmidt würde für den gleichen Zweck nur **22 Stück einzöllige Schrauben brauchen.** Die Verschraubungen beim **Vaughan**-Überhitzer sind außerdem sehr eng zusammengedrängt und daher schlecht zugänglich und die Abbiegungen sehr kurz, so daß das Abdichten der Röhren sehr erschwert wird. Die scharfen Abbiegungen in den Stahlgußrohrstutzen sind nicht nachgiebig und müssen ein Krummwerfen der Röhren infolge verschiedener Wärmeausdehnung begünstigen. Durch die beiden Dampfsammelkästen wird die Rohrwand stark verdeckt, und behufs Auswechselung eines Rauchrohres ist es notwendig, den ganzen Überhitzer mit beiden Sammelkästen und Dampfröhren abzunehmen, während bei der **Schmidtschen** Anordnung nur ein bis vier Überhitzerelemente herauszunehmen und hierzu ein bis vier einzöllige Schrauben zu lösen sind. Infolge der vielteiligen Form der beiden Dampfkammern, der vielen Rohrstutzen und schwer zugänglichen Verschraubungen ist diese Anordnung jedenfalls teurer in der Anschaffung, weniger betriebssicher und teurer in der Unterhaltung als der **Schmidtsche** Rauchröhrenüberhitzer. Die vollständige Trennung der Naßdampf- von den Heißdampfkammern beim Vaughan-Horsey-Überhitzer könnte an sich allerdings als ein kleiner Vorteil erscheinen, doch sind auch im Schmidtschen Sammelkasten die Abkühlungsverluste des überhitzten Dampfes so gering, daß es sich nicht lohnt, die größere Vielseitigkeit des Vaughan-Horsey-Überhitzers dafür in den Kauf zu nehmen.

b) Siederohrüberhitzer.

Bei dieser Bauart werden die gewöhnlichen Sideröhren auf einen Teil ihrer Länge zum Überhitzen des Dampfes verwendet.

α) Der Pielock-Überhitzer (Abb. 7).

Der Hauptbestandteil dieses Überhitzers ist eine Dampfkammer von angenäherter Würfelform, die im Innern des Langkessels sämtliche Sideröhren auf eine bestimmte Länge umschließt, wobei die Sideröhren in die Vorder- und Hinterwand dieses Kastens dicht eingewalzt werden müssen. Der Durchmesser der Bohrungen in den vier Rohrwänden von der kupfernen Rohrwand des Kessels bis zur Rauchkammerrohrwand nimmt entsprechend zu, damit schadhafte Röhren durch die Rauchkammerwand entfernt werden können. Der Dampfkasten ist durch Scheidewände, die bei der älteren Bauart quer zu den Sideröhren, bei der neueren dagegen (Abb. 7) des leichteren Einbaues der Sideröhren wegen, gleichlaufend mit den Sideröhren angeordnet sind, in Abteilungen geteilt, so daß der an der Decke des Überhitzers eintretende nasse Dampf auf einem möglichst langen Wege die Sideröhren umspülen kann. Die Verteilung und Führung des Dampfes ist hierbei jedoch keine vollkommene, weil eine zwangweise Unterteilung des starken, vom Dom kommenden Dampfstrahls in viele dünne Dampfstrahlen, wie dies bei den **Schmidtschen** Überhitzern grundsätzlich stattfindet, hier nicht ausreichend eintreten

kann und dadurch eine genügend innige Berührung mit den Wandungen der Überhitzerröhren, hier der Siederöhren, nicht zu erreichen ist.

Der Grundfehler aller Siederohrüberhitzer liegt aber in der Benutzung dieser zur Verankerung der vorderen und hinteren Rohrwand dienenden Siederöhren zur Überhitzung überhaupt, wodurch bei der Möglichkeit eines Erglühens dieser dünnen Kesselanker und der vermehrten Beanspruchung sowie des Anrostens, der sie auf der Länge des Überhitzerkastens ausgesetzt sind, eine Betriebsgefahr nicht ausgeschlossen ist, um so mehr als nicht die Möglichkeit vorliegt, beim Schluß des Reglers die Beheizung des Überhitzers aufzuheben. Es ist weiter zu erwarten, daß das Gefüge und damit die Festigkeit der im Betriebe unter großer Zugspannung stehenden Siederöhren durch die sogenannte Blauwärme, die selbst bei geringer Überhitzung in jeder Betriebspause, namentlich auch beim Gebrauch des Bläsers eintreten muß, beeinflußt werden wird. Ungünstig müssen auch die verschiedenen Temperaturen und Ausdehnungen der Röhrenbündel in den einzelnen Überhitzersabteilungen auf die Dauerhaftigkeit der Siederohrdichtungen einwirken. Das Dichtwalzen der Siederöhren in den Rohrwänden der Überhitzerkammer erfordert große Sorgfalt, wenn die Röhren nicht über Gebühr an diesen Stellen beansprucht werden sollen. Fehler sind nicht sichtbar, und bei eingetretenen Undichtigkeiten können die betreffenden Stellen in dem völlig unzugänglichen Überhitzerkasten nicht festgestellt werden. Ein Nachwalzen aller Dichtungsstellen kann unter Umständen wiederholt notwendig werden. Sowohl durch die Nässe des Dampfes als auch durch das Durchtreten von Wasser an den undichten Stellen in Verbindung mit der aus dem Wasser ausgetriebenen und den Überhitzer durchstreichenden warmen Luft müssen die in dem Überhitzer liegenden Teile der Röhren stark anrosten.

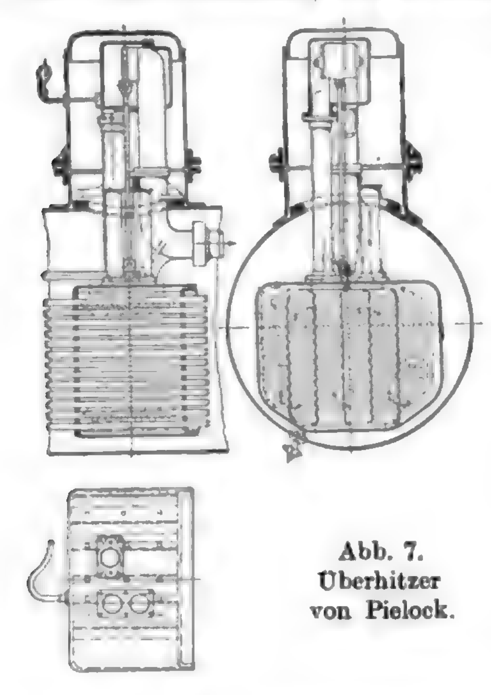


Abb. 7. Überhitzer von Pielock.

Bei einigen Lokomotiven, die versuchsweise solche Überhitzer erhalten haben, hat sich gezeigt, daß die Siederöhren innerhalb der Überhitzerkammer nach kurzer Zeit stark angerostet, teilweise sogar durchgerostet waren. Das Herausnehmen der Siederöhren wird durch den Kesselstein, der sich an den Siederohrteilen außerhalb und hinter dem Überhitzer angesammelt hat, sehr erschwert. Die Röhren leiden daher beim Herausnehmen, und es ist nicht ratsam, herausgenommene Röhren anzuschweißen und wieder zu benutzen, da beim Wiedereinziehen stets andere Stellen neu aufgewalzt werden müßten, die alten aber beim Ansetzen von Kesselstein ein erneutes Herausziehen noch schwieriger gestalten. Der Grad der Überhitzung kann bei dieser Überhitzergattung nur ein mittlerer sein, um so mehr, als die Heizfläche nur verhältnismäßig klein sein darf. Eine genügende Vergrößerung ist nicht

Digitized by Google

gut angängig, da sonst der Wasserinhalt des Kessels, zu sehr verkleinert, die Leistungsfähigkeit namentlich auf Steigungen demnach herabgezogen, anstatt gesteigert wird. Ein Verschieben des Überhitzers zur Erzielung höherer Überhitzung und damit größerer Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit nach der hinteren Rohrwand zu ist wegen der erhöhten Gefahr des Erglühens der Siederöhren unzulässig. Die Dampftemperatur, die im Dome gemessen mit 280 bis 300° C angegeben wird, sinkt auf dem Wege zum Schieberkasten sehr beträchtlich, da der Heißdampf durch den Langkessel geleitet wird. Nach Versuchen auf dem Lokomotivprüffelde in St. Louis hat der Temperaturabfall bis zu 59° C betragen, so daß auf eine wirtschaftlich wirksame Überhitzung des Dampfes beim Eintritt in die Zylinder nicht mehr gerechnet werden kann.

Ein Vorteil dieses Überhitzers besteht darin, daß er schädlichen Wärmeausstrahlungen insofern nicht unterworfen ist, als Wärmeausstrahlungen an den Überhitzerwänden zwar für den überhitzten Dampf einen Verlust bedeuten, aber dadurch, daß sie der Verdampfung des Kesselwassers zugute kommen, einen Verlust für die Wärmeausnutzung des ganzen Kessels nicht herbeiführen.

Aus allen diesen Gründen hält es der Verfasser nach seinen langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiete der Anwendung hochüberhitzten Dampfes für seine Pflicht, an dieser Stelle auszusprechen, daß unter Umständen jede Überhitzerbauart, die die schwachen, vorwiegend als Feuerröhren und zur Verankerung vorgesehenen Siederöhren zur Überhitzung benutzt, ohne daß die Möglichkeit vorliegt, beim Schluß des Reglers selbsttätig den Durchzug der Heizgase abzusperren, betriebsgefährlich werden kann. Soweit dem Verfasser bekannt wurde, hat auch schon bei einigen Lokomotiven mit Siederohrüberhitzern ein Zusammendrücken der Siederöhren infolge Erglühens innerhalb des Überhitzerkastens stattgefunden. Diese Unfälle wurden zwar auf Ausführungsfehler zurückgeführt, zeigen aber jedenfalls, welche ernste Betriebsgefahr unter Umständen mit der Gattung der Siederöhrenüberhitzer verbunden sein kann.

Um das gefährliche Schwächen der Siederöhren durch An- und Durchrosten möglichst zu verhindern, werden sie neuerdings innerhalb des Überhitzerkastens mit einem Metallüberzug versehen, und der Überhitzerkasten wird beim Stillstand der Lokomotive mit Wasser gefüllt, das bei Wiederinbetriebsetzung der Lokomotive entleert werden muß. Diese Maßregel bildet eine lästige Beigabe für den Betrieb des Überhitzers, der trotz dieser Verbesserungen auf die Dauer als betriebssicher nicht angesehen werden kann.[1])

β) Überhitzer von Clench. (Abb. 8).

Clench benutzt die Rauchkammerenden der Siederöhren C zur Überhitzung, indem er in den Kessel hinter der Rauchkammerrohrwand B eine zweite Rohrwand B_1 in den Langkessel einbaut und so zwischen B und B_1 eine Überhitzerkammer im Langkessel schafft, in die der nasse Kesseldampf geleitet wird.

[1]) Der Pielock-Überhitzer wurde zum erstenmal im Jahre 1903 ausgeführt. Er ist seither bei den Preußischen Staatsbahnen, der Pfalzbahn, Italienischen Südbahn, Gotthardbahn, den Ungar. Staatsbahnen, der Paris-Lyon-Méditerranéebahn, der Französ. Nordbahn, sowie einigen überseeischen Bahnen in Verwendung genommen und kommt demnächst bei den Österr. Staatsbahnen, der Bayerischen Staatsbahn, der Französ. Ostbahn und der Spanischen Nordbahn zur Ausführung. Der Herausgeber.

Mehrere, gleichlaufend mit den Rohrwänden angeordnete Scheidewände dienen zur Führung des Dampfes im Überhitzerkasten.

Wegen der niedrigen Temperatur der Gase im Überhitzer, der bereits den Übergang zu den Abgasüberhitzern bildet, und wegen der unvollkommenen Führung des Dampfes im Überhitzerkasten kann derselbe nur eine sehr geringe Überhitzung des Dampfes bewirken.

Dem Pielock-Überhitzer gegenüber hat er den Vorteil voraus, daß die Röhren nur in einer und besser zugänglichen Überhitzerrohrwand eingewalzt werden; auch ist die Temperatur der Heizgase im Überhitzer so niedrig, daß ein Erglühen der Siederöhren bei geschlossenem Regler nicht zu befürchten ist. Die Überhitzerrohrwand ist jedoch bei geschlossenem Regler nur von der dem Naßdampf zugewandten Seite einem einseitigen Druck ausgesetzt, was das Dichthalten des Überhitzers erschwert. Diesem Übelstande soll durch eine verbesserte Bauart des Überhitzers vorgebeugt werden, bei welcher der Überhitzerraum mit dem Kesselraum in ständige Verbindung gesetzt ist und der Regler sich hinter dem Überhitzer befindet. Dem Anrosten werden die Siederöhren im Clench-Überhitzer ebenso wie im Pielock-Überhitzer ausgesetzt sein. Soweit dem Verfasser bekannt, wurden mit diesem Überhitzer im Betriebe nur ganz geringe Überhitzungsgrade erreicht, die wohl kaum einen Ersatz für die verlorene Kesselheizfläche, für den verlorenen Wasserraum im Kessel und für die Schwierigkeiten beim Zusammenbau und die Unterhaltungskosten des Kessels bieten können.

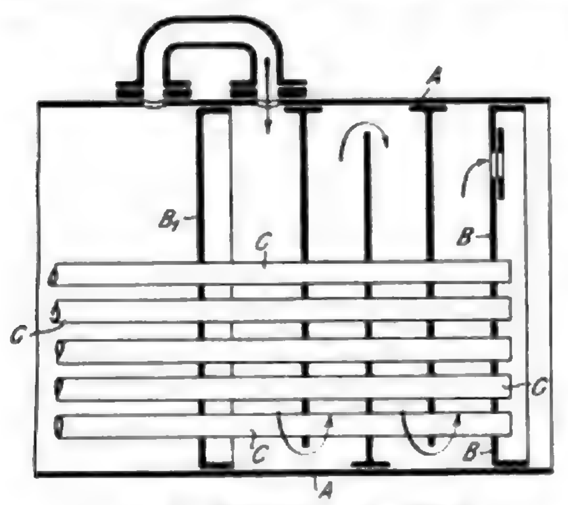


Abb. 8. Überhitzer von Clench.

c) Abgasüberhitzer.

Dieser Bauart gehören wohl die meisten bisher erfundenen Lokomotivüberhitzer an. Der Gedanke liegt auch nahe, die aus den mitunter etwas verkürzten Siederöhren austretenden Abgase zum Überhitzen des Dampfes zu verwenden. Bei der niedrigen Temperatur der Abgase in der Rauchkammer ist jedoch eine nennenswerte Überhitzung nicht zu erreichen. Diese Überhitzerbauarten trocknen vielmehr nur den Dampf. Die hier durch erzielte Wirtschaftlichkeit ist viel zu gering, um die Kosten für Anschaffung und Unterhaltung des Überhitzers zu decken. Die Heranziehung von möglichst heißen Heizgasen wird stets eine grundsätzliche Bedingung für den Bau wirtschaftlicher Lokomotivüberhitzer sein.

Die einzelnen der vielen bisher erfundenen Abgasüberhitzer unterscheiden sich nur durch unwesentliche, bauliche Einzelheiten in der Anordnung der Überhitzerröhren, und zur Kennzeichnung ihres allgemeinen Prinzips dürfte es genügen, wenn hier nur ein Überhitzer dieser Art besprochen wird.

Der Baldwin-Überhitzer. (Abb. 9.)

Dieser Überhitzer wurde jüngst von den Baldwin-Werken in Philadelphia bei zwei sehr schweren amerikanischen Güterzuglokomotiven zur

Digitized by Google

Anwendung gebracht. Er besteht aus je einem oberen und einem unteren großen Stahlgußsammelkasten in der Rauchkammer für jede Maschinenseite, die sich nahezu über die ganze Länge der verlängerten Rauchkammer erstrecken und durch ein System gebogener Überhitzerröhren miteinander verbunden sind. Die Röhren sind in fünf Gruppen zusammengefaßt und die Sammelkästen entsprechend unterteilt, so daß der Dampf diese fünf Rohrbündel nacheinander durchströmen muß, um zum Zylinder zu gelangen. Die Überhitzerröhren sind an beiden Enden in Rohrplatten

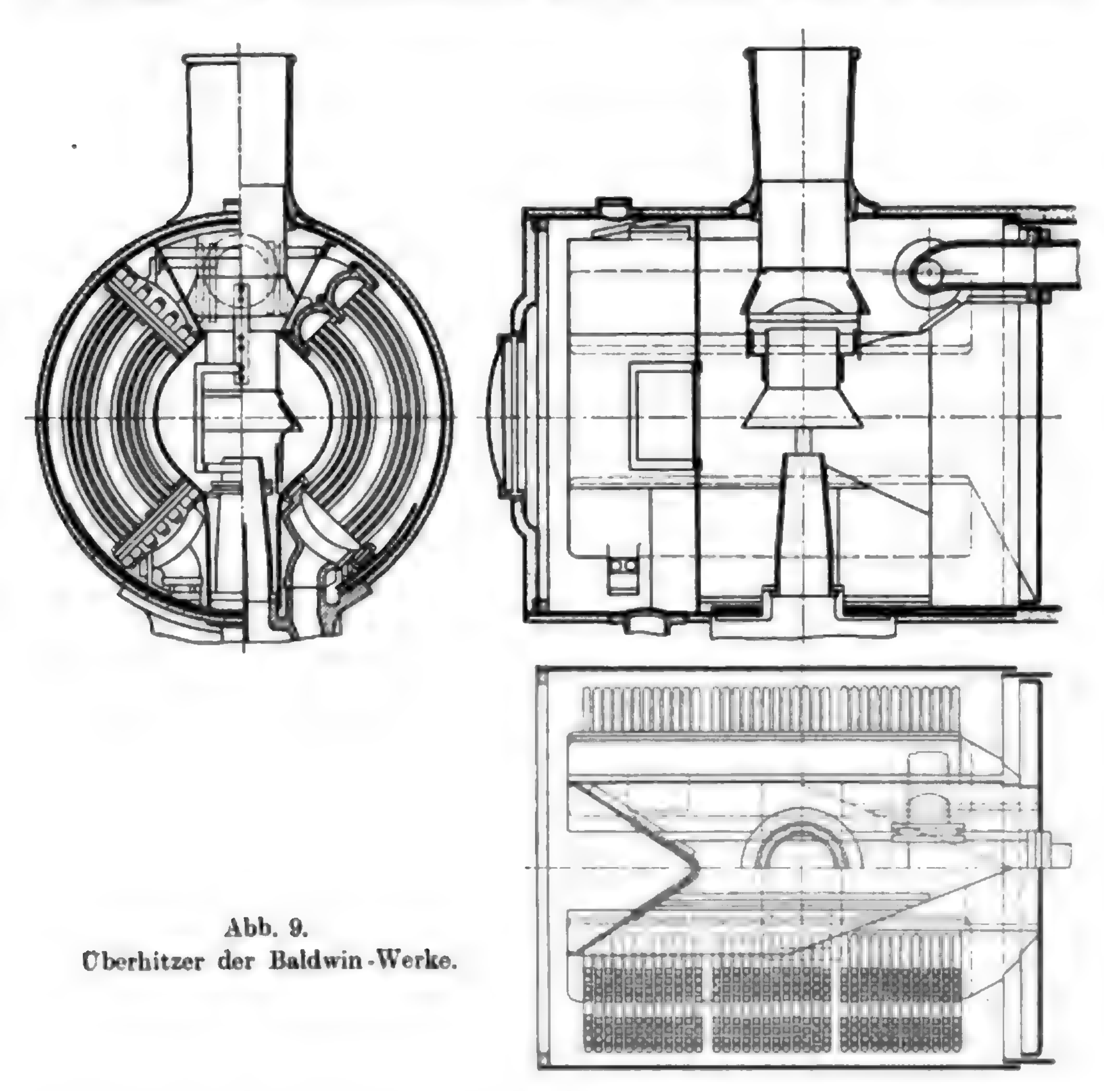


Abb. 9.
Überhitzer der Baldwin-Werke.

eingewalzt, die mit dem entsprechenden Dampfsammelkasten verschraubt und durch Kupferstreifen abgedichtet werden. Das Dichthalten dieser großen Platten in der Rauchkammer gehört jedenfalls zu den unangenehmsten Beigaben dieser an und für sich sehr kostspieligen Anordnung.

Mit dem ersten Überhitzer dieser Art wurde eine durchschnittliche Überhitzung von 10 bis 15° C erzielt; von einer durchgreifenden Verbesserung des Dampfes, der eigentlich nur getrocknet war, konnte dabei schwerlich die Rede sein und die nur dem hochüberhitzten Dampfe eigentümlichen Eigenschaften, wie ein heißes Gas zu arbeiten, mußten ausbleiben. Trotzdem glaubte der Erbauer die Zylinder wesentlich vergrößern und den Dampfdruck stark herabsetzen zu können.

Bei der ersten mit diesem Überhitzer ausgestatteten Lokomotive, einer sehr schweren 2 - 10 - 2 Lokomotive, wurden die Zylinder auf 813 × 813 mm vergrößert und es wurde mit nur 9 at Spannung gearbeitet. Man wollte also schon die geringe Überhitzung benutzen, um die Kesselspannung stark zu mäßigen und die Kesselreparaturen zu vermindern. Natürlich mußte in der Folge die Kesselspannung trotz der Riesenzylinder bis auf $10^1/_2$ at gebracht werden, um die nötige Leistung zu erzielen. Der so gering überhitzte Dampf konnte eben die Niederschlagsverluste nicht verhindern. Bei einer später gebauten Lokomotive ähnlicher Bauart wurden Zylinder 711 × 813 gewählt und die Kesselspannung wurde mit $11^1/_4$ at von Haus aus angenommen.

Die Betriebsergebnisse dieser Lokomotive sind noch nicht bekannt. Doch wie sie auch ausgefallen sein mögen, eine nennenswerte Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit ist auf diesem Wege nicht zu erreichen. Dafür bürgen die zahlreichen Versuche anderer Bahnen mit ähnlichen Abgasüberhitzern, die stets aufgegeben wurden, weil die erzielte mäßige Überhitzung keine Entschädigung bietet für die Mehrkosten beim Bau und der Unterhaltung solcher Anordnungen. Bei dem in Rede stehenden Baldwin-Überhitzer findet außerdem noch eine derartige Verbauung der Rauchkammer und der Rohrwand statt, daß kaum anzunehmen ist, daß ein solcher Überhitzer selbst in Amerika viel Freunde finden wird.

In vorstehendem sind aus einer sehr großen Zahl von Überhitzerbauarten nur einige wenige ausgewählt worden, um der beteiligten Fachwelt eine sachgemäße Beurteilung des Wertes bereits vorhandener und weiter entstehender Erfindungen auf diesem vielumstrittenen Gebiet zu erleichtern.

8. Maschineneinzelheiten.

Die Verwendung von hochüberhitztem Dampfe macht es notwendig, daß die mit ihm in Berührung kommenden Maschinenteile, wie Zylinder, Kolben, Stopfbüchsen, Schieber u. dgl. in einer der Natur dieser Dampfart entsprechenden Weise ausgestaltet werden. Allerdings waren hier wie bei jeder Neuerung, insbesondere im Lokomotivbau, bedeutende Schwierigkeiten vorhanden. Diese sind aber gegenwärtig gänzlich überwunden, und die besonderen Bauteile, die von Schmidt angegeben wurden und im nachfolgenden beschrieben sind, haben sich bereits in vieljährigem Betriebe gut bewährt.

a) Zylinder und Kolben.

Beim Entwurf der Heißdampfzylinder ist besondere Vorsorge zu treffen, daß jede Metallanhäufung, die zu ungleichmäßiger Ausdehnung durch die Wärme führen kann, vermieden wird. Die Wände des zylindrisch ausgebildeten Schieberkastens sind daher ihrer ganzen Länge nach von den Zylinderwandungen zu trennen, auch schon aus dem Grunde, damit der in den Schieberkasten einströmende, hochüberhitzte Dampf den oberen Teil der Zylinderwandung nicht unmittelbar berühren und höher erwärmen kann, als dies durch die Dampfarbeit im Zylinder bezüglich des übrigen Teils der Zylinderwandung geschieht.

Nach langen vergeblichen Bemühungen, einen möglichst reibungslosen und doch dichten Arbeitskolben zu erhalten, hat der einfache, abgeänderte,

Digitized by Google

schwedische Kolben (Abb. 10) mit drei lediglich zum Dichten dienenden Ringen geradezu überraschende Ergebnisse gezeitigt.

Der Erfolg beruht darauf, daß die drei leichten Dichtungsringe niemals zum Tragen des Kolbenkörpers beitragen dürfen, sondern nur mit ihrem geringen Gewicht und einer sehr kleinen Spannung durch den hinter sie tretenden Dampf, der durch kleine Löcher hindurch zurückfließend sich genügend abspannen kann, leicht an die Zylinderwandung angedrückt werden. Drei Ringe sind angewendet, damit der mittlere niemals zusammengedrückt werden kann. In jedem Ringe ist eine kleine Rille eingedreht, aus der nach dem Innern der Ringnut im Kolbenkörper sechs Löcher von 3 mm Durchmesser führen. Wenn nunmehr in den Totpunkten der erste oder dritte Ring durch den Dampf zusammengepreßt

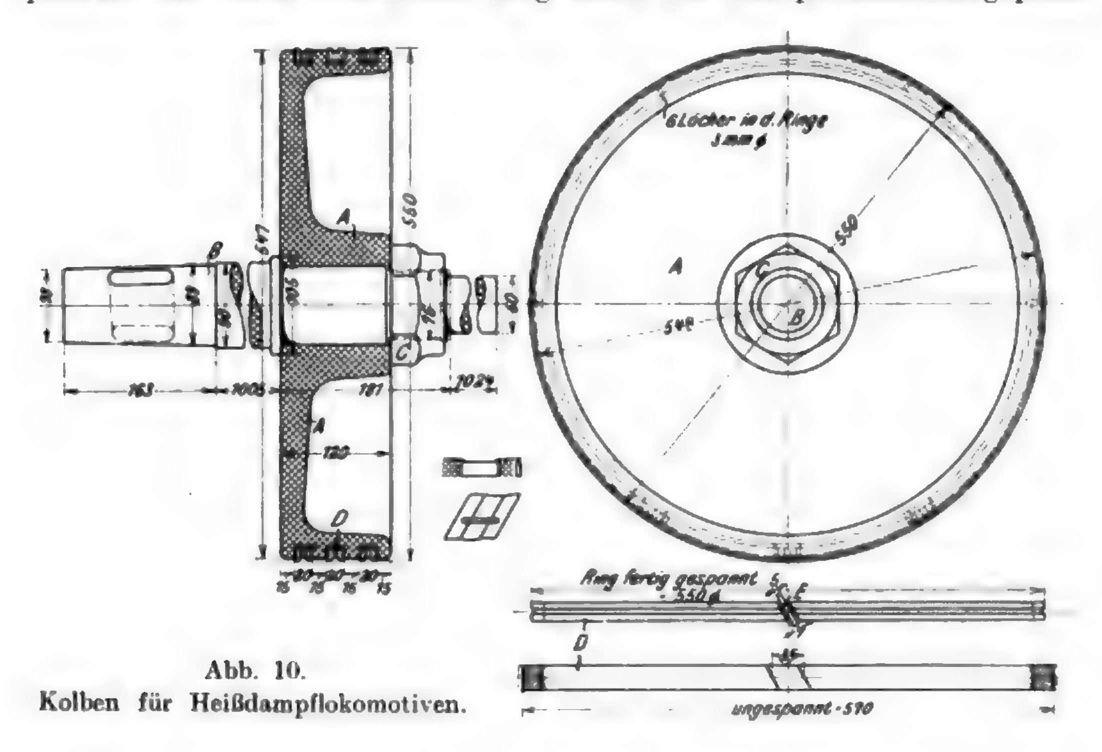


Abb. 10.
Kolben für Heißdampflokomotiven.

wird, so tritt dieser sofort auch durch die kleine Öffnung unten an den Enden des Kolbenringes nach dem Innenraum der Ringnut und hebt die Abklappung augenblicklich auf. Gleichzeitig aber fließt ein Teil dieses Dampfes wieder durch die kleinen Löcher in die Rille ab, so daß das nachfolgende Anliegen des Ringes nur sehr sanft erfolgt. Ferner tritt eine kleine Dampfmenge unten auch durch die Lücke zwischen den beiden Enden des zweiten und dritten Ringes in die Ringnute und spannt sich durch die kleinen Löcher in der Rille genügend ab, um auch diese beiden Ringe nur zu einer leichten Anlage an die Zylinderwand zu bringen.

Der aus bestem Stahlformguß hergestellte Kolbenkörper ist sehr leicht ausgeführt. Die äußeren Kanten der tiefen Ringnuten sind stark, die inneren etwas weniger abgerundet, damit der Kolbenkörper beim leichten Aufsetzen auf die Zylinderwandung das Schmieröl gut verteilen und leicht darüber hinweggleiten kann. Der Durchmesser des Kolbenkörpers wird dabei um 2 bis 3 mm kleiner gehalten als der Durchmesser des Zylinders. Es wird hierdurch ein Fressen des Kolbenkörpers im Zylinder bei Verziehungen desselben verhindert, aber auch, wenn der Kolben infolge leichter

Abnützung in der Kreuzkopfführung und in der Führung der vorderen Kolbenstange nicht mehr genau zentriert ist, bald eine gute, volle Auflage des Kolbenkörpers erreicht, durch die weiterer, schneller Verschleiß der Führungen aufgehalten wird. Die Kolbenringe und Stopfbüchsen dürfen bei Heißdampfbetrieb niemals zum Tragen des Kolbengewichtes dienen. Die Kolbenstange erhält daher vorne eine besondere Führung, während sie hinten vom Kreuzkopf getragen wird, so daß der Kolbenkörper zunächst beinahe freischwebend im Zylinder gehalten wird und nur entsprechend der Abnützung der Führungen leicht mitträgt, während die Dichtungsringe querverschieblich bleiben und nur sich selbst tragen. Derartige sorgfältig ausgeführte Kolbenkörper haben sich in einem siebenjährigen Betriebe in jeder Hinsicht vorzüglich bewährt, und es ist möglich, bei richtiger Schmierung dieselben Kolbenringe zwei Jahre und länger ohne größere Abnützung im Betriebe zu erhalten, so fern nur von Zeit zu Zeit die Ringe auf die Querbeweglichkeit untersucht, die vordere Führungsbüchse für die Kolbenstange erneuert, die Kreuzkopfführung unterlegt und etwaige scharfe Kanten an den Kolbenringen durch Abrundung wieder beseitigt werden.

b) Kolbenstangenstopfbüchsen.

Die Verwendung von Heißdampf macht metallische Kolbenstangenpackungen mit querbeweglichen Stoffbüchsenringen notwendig. Bei den von Schmidt angegebenen Bauarten (Abb. 11 und 12), die sich vorzüglich

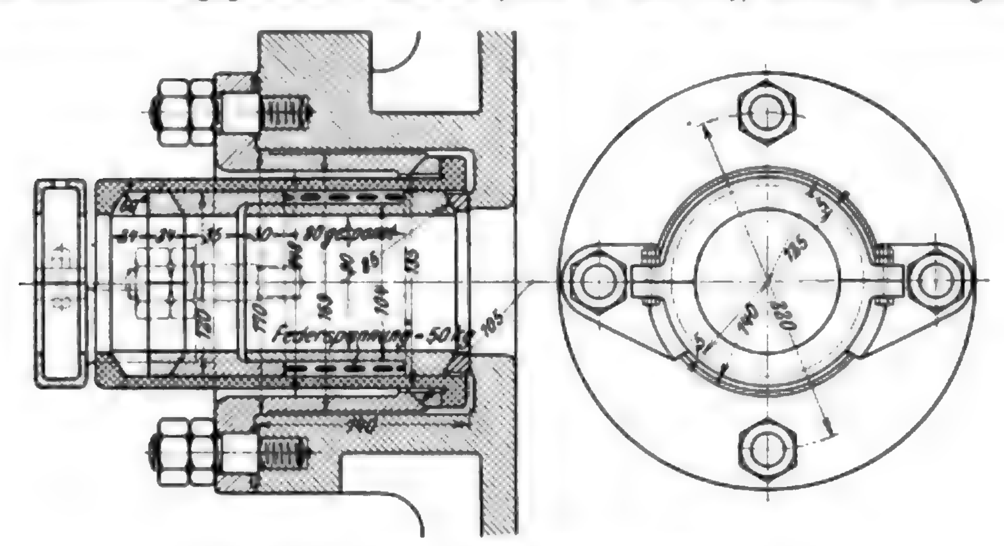


Abb. 11. Hintere Kolbenstangenstopfbüchse.

bewähren, ist außerdem die Hülse, die die Packung enthält, so ausgebaut, daß sie durch Luft ständig gekühlt wird. Der Kolben wird, wie bereits erwähnt, im wesentlichen durch eine feste Hülse vor der Stopfbüchse durch den Kolbenkörper und hinten durch den Kreuzkopf getragen, so daß den Stoffbüchsen nur die Abdichtung, nicht aber auch das Mittragen des Kolbenkörpers obliegt. Der gute und kühle Lauf der Kolbenstange ist durch diese Maßnahmen, die die Reibung in den Stopfbüchsen sehr herabziehen, außerordentlich gesichert. Dazu tritt die Kugelgelenkigkeit der Dichtungen in den Stopfbüchsen und ihre Bewahrung vor zu großer Erwärmung durch möglichst weites Hinausschieben unter Zwischenschaltung einer Büchse, die als Labyrinthdichtung wirkt und nur noch kühlen Dampf

Digitized by Google

zu den aus einer Art von Weißmetall bestehenden Dichtungsringen durchdringen läßt.

Eine erprobte Zusammensetzung für die Weißmetallringe ist folgende:

Antimon 20 v. H.
Blei . . . 80 v. H.

Wird der Dampfkolben durch rechtzeitiges Unterlegen der Kreuzkopfschuhe und Auswechselung der vorderen Führungsbüchse, wie sich das von selbst verstehen sollte, und unbedingt in einem regelrechten Betriebe erfolgen muß, möglichst in seiner Mittellage erhalten, dann halten sich die Dichtungsringe und die Stopfbüchsen jahrelang, und der Verschleiß ist in allen Teilen ein überraschend geringer.

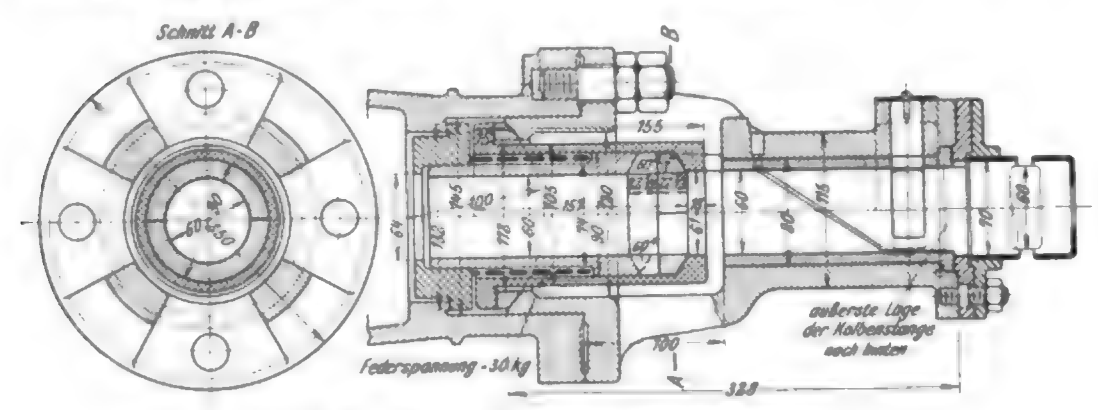


Abb. 12. Vordere Kolbenstangenstopfbüchse.

Bei einer neueren Kolbenstangenstopfbüchse Schmidtscher Bauart ist die äußere Kugelringfläche ungefähr in die Mittelebene der Packungsringe gebracht, um Ecken zu vermeiden und um die bei einer Durchbiegung der Kolbenstange erzeugten Seitenkräfte unmittelbar auf die weichen Packungsringe und nicht auf die gußeiserne Grundbüchse zu übertragen. Diese neue Stopfbüchsenbauart verspricht einen noch reibungsloseren Gang der Kolbenstange und ist für die höchsten Dampftemperaturen und Kolbengeschwindigkeiten zu empfehlen.

c) Kolbenschieber.

Alle Heißdampfmaschinen sollen durch Kolbenschieber mit innerer Einströmung gesteuert werden, die eine natürliche Entlastung gewährleisten.

Infolge der inneren Einströmung des Heißdampfes können die Stopfbüchsen am Schieberkasten fortfallen, da an beiden Außenseiten der Schieber nur die geringe Spannung des Auspuffdampfes herrscht, die sich in einer genügend langen Führung (Labyrinthdichtung) verliert. Die Kolbenschieber kommen hauptsächlich in zwei von Schmidt angegebenen Ausführungsformen zur Anwendung.

1. Kolbenschieber mit geschlossenen Ringen, doppelter Einströmung und geheizten Büchsen.

2. Kolbenschieber mit federnden, stufenweise entlasteten Ringen und durch Dampf angedrücktem Ringdeckel.

Die zuerst genannte Bauart findet hauptsächlich bei den Preußischen Staatsbahnen Verwendung, während die zweite von den meisten übrigen Bahnverwaltungen bevorzugt wird.

Die Kolbenschieber aller Gattungen sind in erster Linie aus dem Bestreben hervorgegangen, den Bau der Lokomotivsteuerungen zu vereinfachen, indem Schieber und Schieberbüchse als Drehkörper hergestellt und die unförmigen, eckigen Schieberkasten der Flachschieber mit ihren Flanschen und großen Dichtungsflächen gleichfalls zu runden Hohlkörpern ausgebildet wurden.

Schon dieser Vorteil der fabrikmäßigen Herstellung auf der Drehbank erschien den Lokomotivkonstrukteuren aller Länder so groß, daß unzählbare Bauarten von Kolbenschiebern entstanden sind.

Die Mehrzahl dieser Bauarten konnte sich jedoch nicht bewähren, weil die Erbauer äußere, einfache Einströmung anwendeten, wodurch zu große Durchmesser und damit zu schwere Schieberkörper entstanden, die in Verbindung mit nicht entlasteten, federnden Dichtungsringen und unter Dampfdruck stehenden Stopfbüchsen große Beschleunigungsarbeiten erforderten, sowie starken Verschleiß der Büchsen und Ringe hervorbrachten, und so die Übelstände der Flachschieber infolge der zu großen Beanspruchung der Gewerkteile durch Reibungswiderstände und Stöße im Hubwechsel noch vermehrten. Durch Übergang zur inneren Einströmung, hiermit Fortfall der reibenden Stopfbüchsen, und durch stufenweise Entlastung der federnden Dichtungsringe oder durch Verwendung geschlossener, querverschieblicher Ringe ist diesen Übelständen abgeholfen. Gerade bei im Heißdampf laufenden Bauteilen ist jede Reibungswärme tunlichst zu vermeiden.

α) **Kolbenschieber mit geschlossenen Ringen, doppelter Einströmung und geheizter Büchse** (Patent Schmidt, Abb. 13).

Diese Schieber besitzen gußeiserne, unaufgeschnittene Ringe, die kalibermäßig in ihren Büchsen eingepaßt sind, und die ebenso wie die Schieberstange nur durch Labyrinthdichtung abdichten. Sie lassen sich

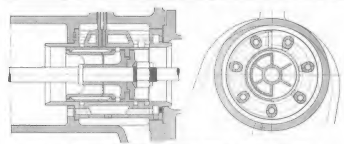


Abb. 13. Kolbenschieber mit geschlossenen Ringen und geheizter Büchse. Patent W. Schmidt.

daher auch bei jedem Dampfdruck im Schieberkasten mit der Hand leicht hin und her bewegen, sind sehr leicht und setzen auch bei der Arbeit ihrer Bewegung so wenig Widerstand entgegen, daß die Steuerteile viel leichter als bisher hergestellt werden können und trotzdem eine außerordentlich lange Dauer aller bewegten Teile gewährleistet ist.

Eine Hauptbedingung ist auch hier, daß die Ringe nur sich selbst

Digitized by Google

tragen, daß also ihre leichte Querverschieblichkeit gewahrt bleibt. Sie dürfen also nicht festbrennen und den Schieberkolbenkörper nicht mittragen, sondern müssen von Zeit zu Zeit untersucht und gereinigt werden, hierbei sind die Führungsbüchsen der Schieberstange rechtzeitig auszuwechseln.

Noch spielt bei diesen Schiebern die verschiedene Wärmeausdehnung zwischen Schieberring und Schieberbüchse eine große Rolle, und es war daher nötig, den Durchmesser der Schieber möglichst klein zu halten, was durch Einführung doppelter Einströmung möglich wurde. Außerdem werden die Schieberbüchsen hohl ausgeführt und mit Heißdampf geheizt. Dadurch war es dem Verfasser möglich, für sämtliche Heißdampflokomotivgattungen der Preußischen Staatsbahnen den gleichen auswechselbaren Kolbenschieber von nur 150 mm Durchmesser zu benutzen. Dieser Schieber von 150 mm Durchmesser gelangt z. B. auch bei der $^3/_5$-gekuppelten Heißdampfschnellzuglokomotive mit 590 mm Zylinderdurchmesser zur Verwendung, und wenn trotzdem auch bei den höchsten Kolben- bzw. Dampfgeschwindigkeiten noch keine übermäßigen Abdrosselungen eintreten, so kann dieser Umstand nur der großen Dünnflüssigkeit des hochüberhitzten Dampfes zugeschrieben werden. Für Bau, Unterhaltung und Betrieb hat die einheitliche Ausführung der Kolbenschieber große Vorteile im Gefolge.

Ein und dieselbe Schiebergröße wird, wie schon angedeutet, für alle Gattungen der Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen aus gußeisernen Drehkörpern gebildet. Sie kann kalibermäßig, durch bloßes Drehen und Überschleifen hergestellt, überall vertauscht werden, gestattet die gleiche Schieberkastenanordnung auf allen Dampfzylindern, Fortfall der Stopfbüchsen, leichten Ein- und Ausbau, sehr geringe Gewichte und vermindert bei denkbar geringster Reibung die Abnutzung so erheblich, daß bei sachgemäßer Behandlung die einfachen geschlossenen Schieberringe mehrere Jahre gebrauchsfähig bleiben.

Dieser Kolbenschieber braucht wenig Schmierung und den denkbar geringsten Arbeitsaufwand. Die Steuerung liegt selbst ohne Feststellung ruhig, und ist so leicht zu handhaben, daß die Arbeit des Führers sehr erleichtert wird.

Gegenüber den Bedenken vieler Fachgenossen bezüglich der Undichtigkeit der Kolbenschieber mit nicht tragenden, unaufgeschnittenen Ringen sei noch folgendes angeführt:

Der Dampfverlust bei Flachschiebern steigt im Betriebe und wird durch Abnutzung der verhältnismäßig großen Flächenabnutzung täglich größer. Ähnlich ist es mit großen Kolbenschiebern, die federnde, nicht entlastete und den schweren Kolbenkörper mittragende Dichtungsringe besitzen.

Der bei den hier besprochenen Kolbenschiebern hier und dort ermittelte Dampfverlust ist, sofern er im Zustande der Ruhe gemessen wurde, durchaus nicht maßgebend. Die unaufgeschnittenen, nicht tragenden, langen Dichtungsringe müssen ja, um reibungslose, schwimmende Drehkörper zu bilden, im Zustande der Ruhe verhältnismäßig viel Dampf durchlassen. Diese Undichtigkeit nimmt aber im Zustande der Bewegung der Schieber mit der Geschwindigkeit stark ab, da sich infolge des Gleitens

eine Ölschicht zwischen Büchse und Schieber bildet, die den geringen, aber zur Beweglichkeit erforderlichen Spielraum ausfüllt und zwischen den langen Ringen und Büchsenwänden eine durchaus befriedigende Abdichtung bewirkt. Solche Schieberringe zeigen auch nach langer Betriebszeit eine meßbare Abnutzung nicht. Es setzt sich im Gegenteil sogar aufgebranntes Öl als fester, feiner Überzug an allen Stellen an, die solche Ablagerung noch gestatten, so daß der ursprüngliche Dichtungsgrad nicht nur erhalten bleibt, sondern durch wiederholten feinsten und sehr harten Kohlenstoffniederschlag (Schwärzen) wächst. Diese Tatsache ist durch viele Untersuchungen bewiesen. Schließlich ist noch zu bedenken, daß die für den in Bewegung befindlichen Kolbenschieber noch verbleibende notwendige Dampfdurchlässigkeit allen großen Vorteilen gegenüber im Betriebe auch nicht annähernd von der Bedeutung ist, wie es nach unmaßgeblichen bzw. unzulässigen Versuchen, die im Stillstande der Schieber angestellt worden sind, auf den ersten Blick erscheint. Während der Füllungs- und Dehnungsdauer ist ein geringes Nachfüllen, in Gestalt der sogenannten Dampfverluste, nicht schädlich, während der Verdichtung dagegen kann der Dampfverlust nicht nennenswert sein.

Die wenigen Pferdekräfte, die durch die aus der Bauart herrührende unvermeidliche Dampfdurchlässigkeit verloren gehen, werden auf der anderen Seite durch die verminderten Reibungsverluste, d. h. durch den Fortfall des Aufwandes von einer sehr großen Anzahl Pferdekräfte für die Bewegung der unförmigen Flachschieber oder großen, federnden Kolbenschieber um ein Vielfaches wieder eingebracht. Hierzu kommt die durch das geringe Gewicht und den unmerklichen Widerstand des Schiebers und der Steuerungsteile gewährleistete große Haltbarkeit aller Steuerteile und ihre geringe Ausbesserungsbedürftigkeit. Unbedingt muß aber gefordert werden die zeitweise Reinigung der Schieber behufs Erhaltung der Querverschieblichkeit der Ringe und die rechtzeitige Auswechselung der Führungsbüchse der Schieberstange.

β) Kolbenschieber mit federnden, stufenweise entlasteten Ringen und durch Dampf angedrückten Schieberdeckeln. (Patent Schmidt, Abb. 14.)

Diese Kolbenschieber sind zwar bei den Preußischen Staatsbahnen noch nicht erprobt worden, befinden sich aber bei verschiedenen anderen Bahnen bereits seit längerer Zeit in befriedigendem Betrieb. Einem Aufsatz Schmidts über diese Kolbenschieber entnehme ich folgendes:

„Bei dieser Konstruktion wird statt der gewöhnlich zur Anwendung kommenden schmalen, federnden Ringe ein breiter Ring verwendet. Schmale Ringe haben den bekannten Nachteil, daß sie die Stege in den Kanälen des Kolbengehäuses stärker abnutzen als den übrigen Teil, wobei sie dann leicht hängen bleiben und zerbrechen. Wie Versuche ergaben, sind solche schmale Ringe für Heißdampf deshalb nicht zu empfehlen. Ein breiter Ring in gewöhnlicher Ausführung vermeidet diesen Nachteil, zeigt dagegen andere Übelstände. Durch den hintertretenden Dampf wird der Ring stark gegen die Gehäusewandungen gedrückt und erleidet in kurzer Zeit starke Abnutzung, während er durch die Kompression zusammengedrückt wird, was dann leicht zu Undichtigkeiten Anlaß gibt. Bei der vorliegenden neuen Schmidtschen Bauart ist der breite Ring mit seinen Vorteilen beibehalten, dessen Nachteile aber sind dadurch beseitigt,

daß infolge eigenartiger Konstruktion ein zu starkes Anpressen und Zusammendrücken verhindert wird. Es sind zu diesem Zwecke hinter dem Ringe mehrere dampfdichte Räume geschaffen, die durch radiale im Ring angebrachte Löcher von 5 mm Durchmesser mit dem Dampfkanal in Verbindung stehen. Nachdem so auf beiden Seiten des Ringes der gleiche Druck vorhanden ist, wird der Ring allein durch die Federspannung gegen die Wandungen gedrückt und so die Dichtung erzielt.

Um den dampfdichten Abschluß zwischen Deckel und Ring, sowie zwischen Ring und Schieberkörper zu erzielen und zu verhindern, daß der Ring zwischen Schieberkörper und Deckel festgeklemmt wird, ist der

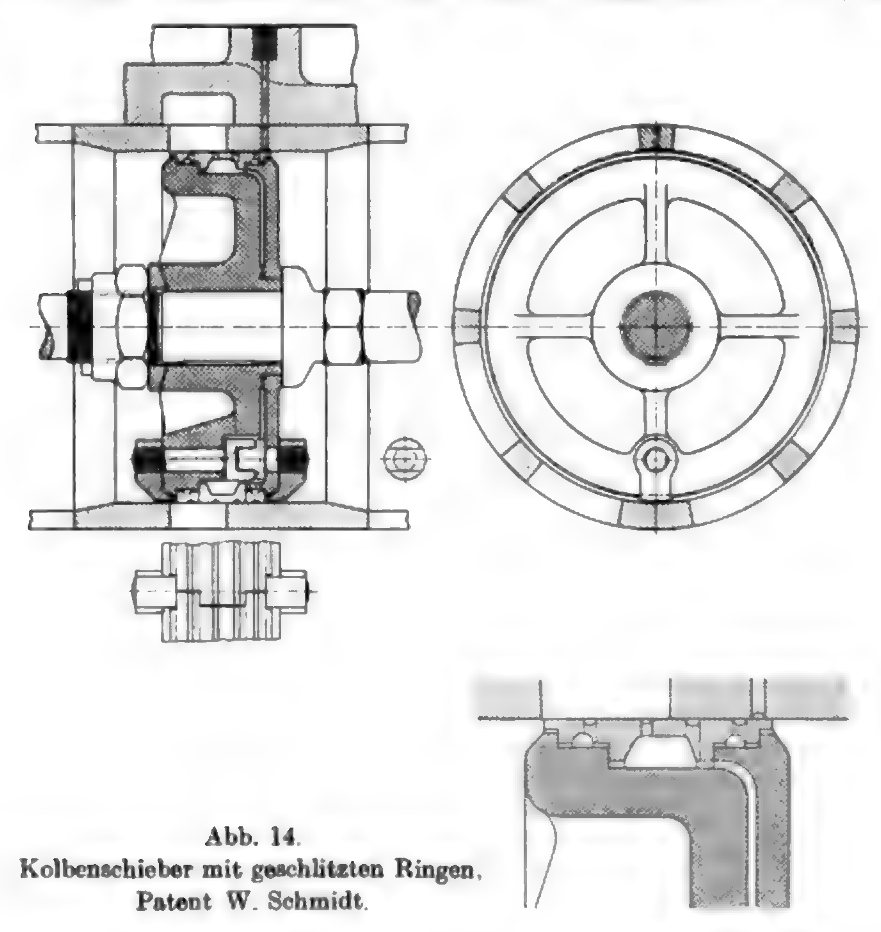


Abb. 14.
Kolbenschieber mit geschlitzten Ringen,
Patent W. Schmidt.

Schieberdeckel elastisch, etwas „membranartig“ ausgebildet und nur mit dem inneren Rand gegen den Schieberkörper festgeschraubt, während der äußere Rand nur durch den auf den Deckel ausgeübten Überdruck angepreßt wird. Der Dampfdruck im Schieberkasten sorgt also für den dichten Abschluß zwischen Deckel und Ring, Ring und Schieberkörper, gestattet aber zugleich bei Ausdehnungsdifferenzen, durch Nachgeben des Deckels, Beweglichkeit des Ringes. Da während der Eintrittsperiode vor und hinter dem membranartigen Deckel gleicher Druck herrscht, so kann sich der Kolbenring während derselben auf den richtigen Durchmesser einstellen, ohne durch den Deckel daran verhindert zu sein. Während der Austrittsperiode dagegen wird der Ring vom Deckel angepreßt und dadurch in seiner augenblicklichen Lage gehalten, wodurch ein zu starkes Anpressen des Ringes an die Büchsenwandung und damit eine zu große

Reibung auch in den Stellungen vermieden wird, bei welchen ein vollkommener Druckausgleich vor und hinter den Ringen nicht sofort erfolgt.

Die Ringe sind so auf der Schieberstange fixiert, daß die Schnittfuge immer über den breiten Steg im Kanal der Büchse hinweggleitet, so daß durch die Schnittfuge keinerlei Undichtigkeit entstehen kann. Die äußeren Schnittfugen des Ringes werden durch besondere Verschlußstücke, die am Schieberkörper bezw. Deckel angebracht sind, überdeckt. Sind diese Verschlußstücke angeschraubt, so sichern sie gleichzeitig den Ring gegen Drehung; sind sie aber angegossen, so ist zu diesem Zwecke in der mittleren Schnittfuge ein besonderer Fixierstift angeordnet.

Die Kraft zur Bewegung dieser Kolbenschieber ist ebenfalls gering und die Abnützung des Ringes unbedeutend.

Gegenüber dem erstbeschriebenen Kolbenschieber mit geschlossenen Dichtungsringen hat die vorliegende Konstruktion den Vorteil, daß der Kolbenschieber vorzüglich dicht bleibt, solange noch eine Federung des Ringes vorhanden ist."

Allerdings muß darauf geachtet werden, daß die kleinen Druckausgleichbohrungen in den Ringen sich nicht verstopfen, damit Verschleiß der Ringe und Büchse vermieden wird. Kolbenschieber dieser Bauart, jedoch mit doppelter Einströmung, sollen gegenwärtig bei der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung versuchsweise Anwendung finden.

d) Druckausgleichvorrichtung. (Abb. 15.)

Kolbenschieber haben den Nachteil, daß sie während des Leerlaufens nicht so wie Flachschieber abklappen können, wenn die Kompressionsenddrücke zu hoch werden. Um die durch diese zu hohen Kompressionsdrücke hervorgerufenen Stöße im Gestänge auch bei den mit Kolbenschiebern versehenen Heißdampflokomotiven zu vermeiden, wird die in Abb. 15 dargestellte Druckausgleichvorrichtung angewendet. Dadurch werden nach Abschluß des Reglers durch Umsteuerung eines Drehschiebers von Hand die beiden Kolbenseiten in Verbindung gesetzt. Die Vorrichtung besteht aus einem, beide Zylinderseiten verbindenden Umlaufrohr von 65 mm lichtem Durchmesser, in das ein vom Führerstande aus zu betätigender zylindrischer Drehschieber eingebaut ist. Dieser ist zur Verhütung des Festsitzens in sein durch Dampf geheiztes Gehäuse nur lose eingepaßt, da er durch den Dampfdruck, der ihn an die gegenüberliegende Seite des Gehäuses preßt, stets genügend abdichtet. Nach außen ist er mit einem kurzen zylindrischen Schaftstück gekuppelt. Diese kurze Welle greift mit einem Ansatz in eine Nute des Zylinderschiebers, hat hinter dem Ansatz eine ventilartige Abdrehung und dichtet mit dieser gegen das Ventilgehäuse ab, so daß der Schaft keine Stopfbüchsendichtung braucht und mittels eines Vierkants am äußeren Ende leicht gedreht werden kann. Diese von Hand betätigte Druckausgleichvorrichtung hat sich sehr gut bewährt, während frühere Versuche des Verfassers mit einem selbsttätigen Ventil keinen befriedigenden Erfolg brachten. Der Führer hat nur, sobald er den Regler schließt, den Drehschieber zu öffnen und muß ihn wieder schließen, bevor er den Regler wieder öffnet.

Außer der Verhinderung zu hoher Kompressionsdrücke hat die Druckausgleichvorrichtung auch die Aufgabe, das Ansaugen von Rauchgasen während des Leerlaufes zu vermindern. Doch ist es dabei noch nötig,

durch an Zylinderdeckel und Boden angebrachte Luftsaugeventile von mindestens 40 mm freiem Durchmesser die Ausgleichvorrichtung in dieser Aufgabe zu unterstützen.

Bei älteren Lokomotiven, die noch keine Druckausgleichvorrichtung und nur Luftsaugeventile besitzen, ist die Steuerung beim Leerlauf unbedingt voll auszulegen, denn nur dadurch kann in diesem Falle die Kompression so weit vermindert werden, daß starke Stöße vermieden werden.

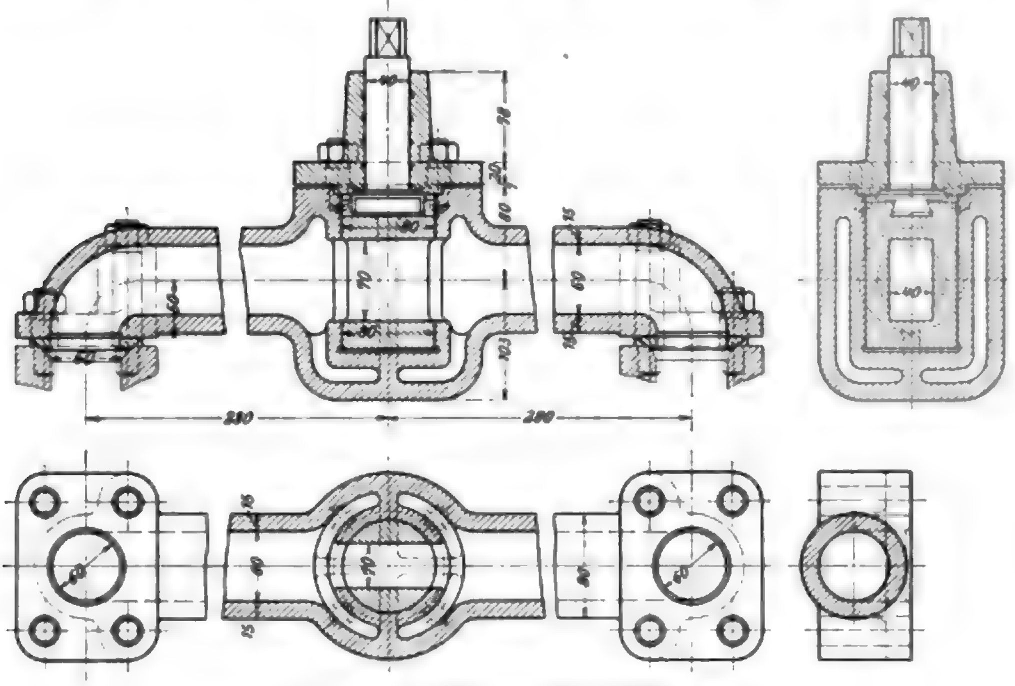


Abb. 15. Druckausgleichvorrichtung.

Eine Druckausgleichvorrichtung sollte aber an jeder Lokomotive angebracht sein, und dann ist es sogar vorteilhaft, die Steuerung während des Leerlaufes einfach auf der jeweiligen Fahrtstellung liegen zu lassen, wie dies z. B. bei den Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen allgemein und mit Vorteil geschieht. Unbedingt nötig ist noch die Anbringung von Sicherheitsventilen an Böden und Deckeln der Dampfzylinder, die auf den normalen Kesseldruck eingestellt werden.

e) Schmierung.

Von großer Bedeutung für die Einführung des Heißdampfes für den Lokomotivbetrieb ist eine zuverlässige Schmierung der unter Dampf arbeitenden Bauteile, der Kolben und Kolbenschieber. Sowohl hinsichtlich der Güte der Schmieröle als auch der Ausbildung betriebssicherer Einrichtungen zur richtigen Verteilung des Schmiermittels waren manche neue Forderungen zu erfüllen.

Die Rücksicht auf die Dampftemperatur läßt nur reine Mineralöle von besonders hohem Entflammungspunkt (etwa 330° C) zu. Das Schmiermittel muß ohne Güteverminderung in bestimmten, der Umdrehungszahl der Triebräder angemessenen Mengen mit Sicherheit bis unmittelbar vor den Verbrauchsort geführt werden. Es darf daher auch auf dem Wege vom Öler nach den Dampfräumen, also in der Leitung, weder mit Wasser

vermischt, noch vom Dampf aufgelöst, verkocht oder zersetzt werden, wie dies in gewissem Grade bei den Sichtölern geschieht.

Der Zufluß von Niederschlagswasser zu den Schmierstellen würde die Zusammenarbeit der betreffenden Bauteile ungünstig beeinflussen und dabei würde der Dampf das durch ihn zerstäubte Öl nutzlos an solche Stellen tragen, die der Einfettung nicht bedürfen.

Ein weiterer Übelstand der Sichtöler im Heißdampfbetriebe ist darin zu sehen, daß die Schmierung in hohem Grade von der Aufmerksamkeit des Heizers und überdies von Zufälligkeiten abhängig ist, indem das Öl nicht nach Bedarf, d. h. nach der Größe der jeweiligen Reibungsarbeit über Zylinder und Schieber verteilt wird, sondern ungehindert durch das eine oder andere Gabelende der gemeinsamen Zuleitung abfließen kann, und somit vorwiegend nach den Schmierstellen mit geringem Gegendruck gelangen kann.

Diese Erwägungen haben dazu geführt, ausschließlich Schmierpressen, die seit Jahrzehnten fast allgemein bei ortfesten Maschinen in Anwendung sind, unter zweckmäßigem Ausbau in den Dienst der Heißdampflokomotive zu stellen.

Auf jeder Seite der Lokomotive sind drei Stellen zu schmieren, je zwei Kolbenschieber und ein Dampfkolben. Die betreffenden Pressen müssen daher mit sechs Zylindern ausgerüstet sein. Jede Schmierstelle wird durch eine getrennte Leitung mit einem der Preßzylinder verbunden. Die Leitungen müssen ständig mit Öl gefüllt sein und werden durch geeignete Rückschlagventile an den Verbrauchsstellen unter Druck gehalten.

Für die erstrebte gleichmäßige Schmierung, entsprechend den Umdrehungszahlen der Triebräder, gewinnen diese Rückschlagventile oder Ölsparer eine besondere Bedeutung. Sie haben den Zweck, die Ölförderung dem Einfluß des Spannungswechsels an den Schmierstellen zu entziehen, und ein unbeabsichtigtes Entleeren der langen Zuleitungen beim Stillstand der Lokomotive und selbst bei andauernden Leerfahrten sicher zu verhüten. Sie erfüllen dadurch zugleich die Forderung auf Sparsamkeit im Verbrauch an Heißdampföl.

Die Schmierpressen finden bei den Lokomotiven der Preußischen Staatsbahnen Aufstellung auf der linken Seite des Führerhauses vor den Augen des Heizers und erhalten gewöhnlich ihren Antrieb durch eine vom hinteren Triebrad hochgeführte, hin und her bewegte Schwinge. Die Ölförderung erfolgt also nur so lange, als die Lokomotive in Bewegung ist, und zwar im Verhältnis zur Fahrgeschwindigkeit. Die Regelung des Ölverbrauches geschieht durch Verschieben des Angriffspunktes der Schwinge auf dem Schalthebel.

Die Ölpressen erfordern nur geringe Bedienung und Aufmerksamkeit seitens des Führers.

Im Bereiche der preußischen Staatseisenbahnverwaltung sind folgende Schmierpressen im Betriebe:

die Schmierpresse von Ritter in Altona,
" " " Michalk in Deuben bei Dresden,
" " " Dicker & Werneburg in Halle.

In Österreich wird zumeist eine Schmierpumpe von Friedmann verwendet.

Diese Ölpressen haben in jahrelangem Betriebe an Heißdampflokomotiven bei vorschriftsmäßiger Bedienung durchaus sicher gearbeitet.

Der Ölverbrauch ist auch bei reichlicher Schmierung der Kolben und Schieber ein verhältnismäßig geringer, und es ist leicht, den statthaften Grad der Wirtschaftlichkeit bei der Schmierung der genannten Lokomotivteile einzustellen und einzuhalten. Unerläßlich ist vor Antritt jeder Fahrt die Prüfung der Pressen auf ihre Gebrauchsfähigkeit von Hand, was durch Öffnen der unter den Ölsparern (Rückschlagventilen) angebrachten kleinen Probierhähnchen geschieht.

f) Sonderausrüstung der Heißdampflokomotiven.

Als Sonderausrüstungen der Heißdampflokomotiven, die auf dem Führerstande angebracht sind, sind zu nennen ein Fernpyrometer zur Messung der Temperatur des überhitzten Dampfes im Schieberkasten, ein Fernmanometer zur Beobachtung des Arbeitsdruckes im Schieberkasten, ein Luftdruckmesser zur Beobachtung der Luftverdünnung in der Rauchkammer, ein Zug für die Druckausgleichungsvorrichtung, angebracht in der Nähe des Handrades für die Steuerung, und eine Regelvorrichtung auf der linken Seite der Feuerbüchse zum Einstellen der Klappen für den Überhitzer.

9. Besondere Vorschriften zur Behandlung der Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen im Betriebe.

a) Vor Antritt der Fahrt.

1. Die Schmierpresse ist entsprechend der für ihren Gebrauch bestehenden Anweisungen, die sich auf der Lokomotive befinden müssen, regelmäßig schon nach beendeter Fahrt mit Heißdampföl neu zu füllen, sie ist unbedingt vor Antritt der Fahrt stets von Hand auf ihre Wirkung zu prüfen! Das Sieb der Füllvase sowie ihr Inneres sind öfter zu reinigen. Die Schmierpresse ist besonders sauber zu halten.

2. Die selbsttätigen Klappen des Rauchröhrenüberhitzers müssen während des Anheizens und Stillstandes der Lokomotive geschlossen sein und sind sorgfältig rein zu halten.

Ihre Einstellung zur Regelung der Überhitzung darf nur bei geöffnetem Regler in der auf einem Schild angegebenen Weise bewirkt werden.

3. Die Dichtigkeit der Rauchkammer ist von großer Wichtigkeit. Alle ihre Verschlußteile sind sorgfältig zu untersuchen. Jede Undichtigkeit der Tür, der Bekleidungsbleche, der Flansche für die Zunderkasten, sowie deren Verschlüsse ist gründlich zu beseitigen, weil solche Undichtigkeiten die notwendige Überhitzung und damit die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Lokomotive stark beeinträchtigen. Bei geräumiger Rauchkammer vermeidet man besser den Zünderkasten mit seiner zu Undichtigkeiten führenden Klappe, die im Betriebe selten regelmäßig bedient wird.

4. Vor dem ersten Anfahren sollen die Dampfzylinder angewärmt und das Wasser muß aus den Schlammhähnen abgelassen werden. Nach dem Anfahren sind die Hähne erst zu schließen, wenn eine genügende Anwärmung der Schieberkasten und Dampfzylinder derart stattgefunden hat, daß das Pyrometer 200° und darüber zeigt. Später können die Hähne

auch beim Anfahren geschlossen bleiben; sie sind jedoch sofort zu öffnen, wenn ein plötzlicher Rückgang in der Überhitzung eintritt, weil dabei in erster Linie auf Wasserübertritt in den Überhitzer oder in die Zylinder geschlossen werden kann.

b) Während der Fahrt.

α) Einstellung von Steuerung und Regler.

Beim Anfahren darf der Regler niemals schnell aufgerissen werden. Er ist auch bei stärkster Beanspruchung der Lokomotive nur so weit zu öffnen, daß der Schieberkastendruck mindestens $^1/_2$ at unter dem Kesseldruck bleibt, um ein Überreißen von Wasser in die Dampfzylinder zu vermeiden.

Um Schleudern der Lokomotive zu verhindern, ist sofort nach dem Anziehen die Steuerung entsprechend zurückzulegen und wesentlich mit dieser das Anfahren zu regeln, nicht aber, wie bisher allgemein üblich, mit dem Regulatorhebel. Der leichte Gang der Steuerung läßt auch bei geöffnetem Regler zu, die Steuerung beim Anfahren in der Hand zu behalten und in jedem Augenblick denjenigen Grad der Füllung zu geben, bei dem ein Schleudern noch vermieden und doch ein möglichst kräftiges Anfahren erreicht werden kann.

Der niedrigste Füllungsgrad soll auch bei normaler Dampfspannung im Schieberkasten nicht unter $^2/_{10}$ betragen. Bei geringerem Arbeitsbedarf ist nicht die Steuerung unter $^2/_{10}$ zurückzulegen, sondern der Dampfdruck im Schieberkasten ist je nach Erfordernis von $11^1/_2$ bis auf 4 at herab mit dem Regler zu drosseln und entsprechend der Veränderung des Druckes im Schieberkasten die Steuerung soweit vorzulegen, daß die Ruhe des Ganges gewahrt bleibt.

Beim Schließen des Reglers darf die Steuerung niemals sofort ausgelegt werden. Um Klemmen und Fressen der Schieber sicher zu vermeiden, darf die Steuerung erst nach erfolgtem Halten für das Anfahren ganz ausgelegt werden.

Bei allen Fahrten aus dem Schuppen ist hingegen zunächst stets mit ganz ausgelegter Steuerung zu fahren, damit die Schieber die Büchsen in der ganzen Länge bestreichen und etwa angesammelte Öl- und Schmutzreste entfernen.

Bedienung der Druckausgleichvorrichtung. Der auf der Führerseite angebrachte Zug muß stets sofort nach jedesmaligem Schluß des Reglers gezogen und vor Eröffnung des Reglers wieder geschlossen werden. Die Steuerung bleibt hierbei unberührt liegen.

β) Feuerhaltung und Überhitzung.

Die Überhitzung des Dampfes soll möglichst im Mittel 320° betragen und soll über 350° nicht dauernd gehalten werden. Die jeweilige Höhe der Überhitzung gibt das Fernpyrometer an.

Steigt unter günstigen Umständen die Temperatur im Überhitzer auf 350°, dann müssen die Überhitzerklappen so weit geschlossen werden, daß diese Überhitzung nicht wesentlich überschritten wird.

Nicht hinreichende Überhitzung bei mittlerer Lokomotivbeanspruchung entsteht bei zu hohem, qualmigen Feuer oder bei zu niedriger Feuerschicht und dadurch herbeigeführter Abkühlung der Feuergase durch

Digitized by Google

Luftüberschuß, ferner bei nicht genügend gereinigtem Überhitzer. Auch tritt bei zu hoher Wasserhaltung nicht genügende Überhitzung ein.

Das Feuer ist so zu regeln, daß möglichst 320° Überhitzung im Mittel erreicht wird, was sicher dadurch geschieht, daß auf eine genügend hohe, gut durchgebrannte, völlig deckende Feuerschicht immer nur eine mäßige Anzahl von Schaufelfüllungen in Hufeisenform, d. h. nach hinten und in den beiden hinteren Feuerbüchsecken und unterhalb der Heiztür höher streuend aufgeworfen werden.

Es muß also unbedingt öfter als bei Verbundlokomotiven gefeuert und in der Regel soll nach jedem Heizen gepumpt werden. Dabei darf das Feuer jedoch niemals so weit ausgenutzt werden, daß die Verbrennungstemperatur herabgezogen oder gar kalte Luft durch den stellenweise entblößten Rost in die Feuerkiste gelangen kann.

Ein plötzliches Zurückgehen der Überhitzung zeigt Überreißen von Wasser in den Überhitzer an, was sich bei schäumendem, schlammigem Kesselwasser öfters wiederholen kann und nur durch ein gründliches Auswaschen des Kessels zu beheben ist. Zur Erzielung einer guten Überhitzung tragen auch ein vorsichtiges Handhaben des Reglers und entsprechende Drosselung des Dampfes bei, weil hierdurch der Kesseldampf möglichst trocken in den Überhitzer überströmt.

Der Grad der Abdrosselung ist jederzeit am Schieberkastenmanometer zu erkennen, das dem Führer den Arbeitsdruck angibt, mit dem er fährt.

c) Nach der Fahrt.

1. Die Reinigung der Rauch- und Überhitzerröhren von Ruß und Asche geschieht durch Anschrauben einer Ausblasevorrichtung an eine Druckluftleitung unter Einführung der Schlauchrohrspitze in die vorderen Öffnungen der Rauchröhren. Am zweckmäßigsten erfolgt das Ausblasen mittels Luft von etwa 10 at Druck aus einer besonderen Druckluftanlage. Die Preßluft der Westinghousebremse der Lokomotive ist für das Ausblasen unzureichend. Die Ausblasevorrichtung besteht im wesentlichen aus einem langen, schwachen Gasrohr, das vorne mit einer harten, stählernen Vierkantspitze versehen ist, in deren vier Flächen sich je ein etwa 3 mm großes Loch für den Durchtritt der Luft befindet. Bei durch Nachlässigkeit verstopften Rohren werden unter Zuhilfenahme der Spitze die Zunder unter fortwährendem Blasen gelockert.

Das Ausblasen der Überhitzrohre bei kalter Maschine soll ausschließlich durch Luft erfolgen, weil sich Dampf in diesem Falle an den kalten Rohrwandungen niederschlagen und zu Anrostungen führen würde.

Die Häufigkeit, mit welcher das Reinigen zu erfolgen hat, hängt von der Güte der Kohle ab. Am besten ist die regelmäßige Reinigung nach jeder Fahrt. An Auswaschtagen müssen etwaige Schlacken, die sich an den Kappen der hinteren Enden der Überhitzerröhren ansetzen können, von der Feuerbüchse aus entfernt werden.

2. Bei Gelegenheit des Auswaschens ist der Funkenfänger abzunehmen und nachzusehen, ob sich ein Rußaufbau auf dem Blasrohrrand gebildet hat. Ist dies in erheblichem Maße der Fall, so ist entweder der Umlaufzug nicht regelmäßig gebraucht worden oder die Luftsaugeventile waren verstopft oder es ist zu viel geschmiert worden, und der Hub der Schmierpresse ist zu verringern. Der Rußaufbau, der die Feueranfachung

beeinträchtigt, ist mit Sorgfalt zu beseitigen, so daß kein Ruß in das Ausströmrohr fallen kann.

Auswaschen oder Ausspritzen des Überhitzerraumes ist wegen hierdurch entstehender Rostungen an den Röhren unbedingt verboten.

10. Versuchs- und Betriebsergebnisse.

Aus den reichhaltigen Unterlagen über die Ergebnisse von Versuchsfahrten und des Betriebes mit Heißdampflokomotiven können hier nur einige herausgegriffen werden.

Wie in der vorausgegangenen Besprechung der Überhitzerbauarten bereits hervorgehoben wurde, haben sich bisher nur die Schmidtschen Überhitzer und deren Abarten praktisch bewährt, um hochüberhitzten Dampf im Lokomotivkessel dauernd wirtschaftlich und betriebssicher zu erzeugen.

Die verschiedenen Gattungen von Siederohrüberhitzern (Pielock, Clench), die bisher, wenn auch nur in geringer Anzahl, praktisch erprobt wurden, ergaben im allgemeinen nur geringe Überhitzung im Schieberkasten. Die sonstigen betriebstechnischen Nachteile dieser Überhitzerbauarten wurden bereits eingehend besprochen. Wollte man auch mit Siederohrüberhitzern höhere Dampftemperaturen erzeugen, so müßte man den Überhitzerkasten näher der Feuerbüchsrohrwand anordnen, wodurch aber bei der Unmöglichkeit, den Zug der Heizgase zu regeln, die Gefahr eines Erglühens der auch zugleich für die Überhitzung dienenden Sicderöhren eintreten könnte oder den Überhitzerkasten entsprechend vergrößern, wodurch aber ein unzulässig großer Wasserraum des Kessels verloren ginge. Man muß daher den Überhitzerkasten ziemlich weit weg von der Feuerbüchsrohrwand anordnen, und damit lassen sich nur mäßige Überhitzungsgrade für den Schieberkasten erreichen. —

Hier sollen aber nur wirkliche Heißdampflokomotiven betrachtet werden. Denn nur bei Verwendung von hochüberhitztem Dampf läßt sich neben bedeutender Kohlen- und Wasserersparnis jene überraschende Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Lokomotive erreichen, die für die Einführung von Heißdampf im Lokomotivbetriebe von noch größerer praktischer Bedeutung ist als die zuerst erkannte, erhöhte Wirtschaftlichkeit. Nach diesem Gesichtspunkt sollen auch hier die praktischen Ergebnisse des Heißdampfbetriebes an der Hand von Beispielen betrachtet werden:

a) in bezug auf Kohlen- und Wasserersparnis,

b) in bezug auf Leistungsfähigkeit

und daran anschließend unter c) die Erfahrungen in bezug auf Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der Heißdampflokomotiven.

a) Kohlen- und Wasserersparnis.

In der nachfolgenden Zahlentafel sind die Ergebnisse in bezug auf Kohlen- und Wasserersparnisse von Heißdampflokomotiven mit Schmidt-Überhitzern aus einer Reihe von verläßlichen Angaben verschiedener Bahnverwaltungen zusammengestellt. Die Zahlen beziehen sich zum großen Teil auf vielmonatliche Beobachtungen im Vergleichsbetriebe von Heißdampf- und Naßdampflokomotiven. Aus den Ergebnissen des regelmäßigen Betriebes allein läßt sich jedoch nicht leicht ein vollständiges

Digitized by Google

Vergleichsfahrten von Naßdampflokomotiven und Schmidtschen Heißdampflokomotiven.

Lfde. Nr.	Eisenbahn-verwaltung	Vergleichslokomotiven: Art der Lokomotiven	Anzahl	Achsen-anordnung	Zyl.-Durchm. × Hub / Triebrad-durchmesser mm	Gewicht der Lokomotive t	Heizfläche (Feuerseite) qm	Rostfläche qm	Bauart des Überhitzers	Art der Fahrten	Zeit der Fahrten	Ersparnis der Heißdampflokomotiven an Kohle %	an Wasser %	Quelle
					Heißdampfzwilling gegen Naßdampfzwilling									
1	Preußische Staatsbahnen	Naßdampf-lokomotive	3	$^{3}/_{4}$-gek. Tenderlok. (2-6-0)	480 × 630 / 1500	59·7	120·5	1·7	—	2 monatl. Betriebsfahrten im Berliner Vorortbetrieb	Mai und Juni 1905	19·7	39·3	Garbe, Dampflok. der Gegenwart S. 415
		Heißdampf-lokomotive	3	$^{3}/_{4}$-gek. Tenderlok. (2-6-0)	540 × 630 / 1500	61·5	103·4 + 29·5	1·7	Rauchkammer					
2	Dieselben	Naßdampf-lokomotive	1	$^{5}/_{5}$-gek. Tenderlok. Bauart Hagans (0-10-0)	520 × 630 / 1200	71·2	137·5	2·37	—	Betriebsergebnis		25·0	39·0	Berliner Maschinenbau A.-G. vorm. L. Schwartzkopff, Berlin
		Heißdampf-lokomotive	1	$^{5}/_{5}$-gek. Tend.-lok. (0-10-0)	610 × 660 / 1350	73·6	131·6 + 31·7	2·25	Rauchkammer					
3	K. K. priv. Außig-Teplitzer Eisenbahn-Ges. Teplitz	Naßdampf-lokomotive	1	$^{3}/_{5}$-gek. (4-6-0)	500 × 650 / 1650	60·4	175·5	2·9	—	5 monatl. Betriebsfahrten	1906	rd. 20·0	—	K. K. priv. Außig-Teplitzer Eisenb.-Gesellsch.
		Heißdampf-lokomotive	1	$^{3}/_{5}$-gek. (2-6-2)	540 × 630 / 1620	66·0	202·4 + 47·6	3·67	Rauchröhren					
4	Schwedische Staatsbahnen	Naßdampf-lokomotive	2	$^{2}/_{4}$-gek. (4-4-0)	420 × 559 / 1880	41·1	98	1·97	—	mehrere Fahrten	Sept. 1906	47·1	49·5	Teknisk Tidskrift 2. März 1907
		Heißdampf-lokomotive	1	$^{2}/_{5}$-gek. (4-4-2)	500 × 600 / 1880	59·0	134 + 32·5	2·7	Rauchröhren					
5	Berglagernas-Eisenbahn in Schweden	Naßdampf-lokomotive	3	$^{2}/_{4}$-gek. (4-4-0)	432 × 610 / 1700	36·0	92·5	1·5	—	Betriebsergebnisse	August bis Dezember 1905	26·7	—	Die Lokomotive, August 1906 S. 146
		Heißdampf-lokomotive	1	$^{2}/_{4}$-gek. (4-4-0)	470 × 610 / 1700	39·4	90 + 17	1·65	Rauchröhren					
6	Belgische Staatsbahnen	Naßdampf-lokomotive		$^{3}/_{5}$-gek. (4-6-0)	520 × 660 / 1700	—	173·2	2·84	—	Zahlreiche Betriebsfahrten	1905	27·0	24·0	Garbe, Dampflok. der Gegenwart S. 424
		Heißdampf-lokomotive		$^{3}/_{5}$-gek. (4-6-0)	520 × 660 / 1700	70·2	145 + 33·1	2·84	Rauchröhren					

Digitized by Google

Vergleichsfahrten von Naßdampflokomotiven und Schmidtschen Heißdampflokomotiven (Fortsetzung).

Lfde. Nr.	Eisenbahnverwaltung	Vergleichslokomotiven: Art der Lokomotiven	Anzahl	Achsenanordnung	Zyl.-Durchm. × Hub / Triebraddurchmesser mm	Gewicht der Lokomotive t	Heizfläche (Feuerseite) qm	Rostfläche qm	Bauart des Überhitzers	Art der Versuchsfahrten	Zeit der Versuchsfahrten	Ersparnis der Heißdampflokomotiven an Kohle %	an Wasser %	Quelle
		Heißdampfzwilling gegen Naßdampfzwilling.												
7	Dieselben	Naßdampflokomotive		3/3-gek. (0-6-0)	470 × 660 / 1520	43·8	115·4	2·52	—	Eine Anzahl Betriebsfahrten	April 1906	32·0	28·5	Desgl.
		Heißdampflokomotive		3/3-gek. (0-6-0)	500 × 660 / 1520	47·6	96·1 + 21·5	2·52	Rauchröhren					
8	K. K. priv. Böhmische Nordbahn-Gesellschaft	Naßdampflokomotive	—	2/4-gek. (4-4-0)	425 × 500 / 1730	43·24	Wasserberührt 116·64	2·01	—	Wiederholte Betriebsfahrten Prag-Turnau		—	—	
		Heißdampflokomotive	2	3/4-gek. (2-6-0)	500 × 600 / 1522	47·8	108·3 + 25·6	2·35	Rauchröhren			25·4[1]	20·0	
		Heißdampfzwilling gegen Naßdampfverbund.												
9	Preußische Staatsbahnen	Naßdampflokomotive	1	2/5-gek. (4-4-2)	2 (340 + 560) × 640 / 1980	63·7	179	2·59	—	342 km Betriebsfahrt	1905	21·1	36·7	Garbe, Dampflok. der Gegenwart S. 375
		Heißdampflokomotive	1	2/4-gek. (4-4-0)	540 × 600 / 1980	55·3	101·7 + 30·8	2·27	Rauchkammer					
10	Canadische Pacific-Bahn	Naßdampflokomotive	12	4/5-gek. (2-8-0)	(559 + 889) × 711 / 1448	73·5	185	4·05	—	4 monatl. Betriebsfahrten	Januar bis April 1905	14·5	—	Master Mechanics Association 1905
		Heißdampflokomotive	6	4/5-gek. (2-8-0)	533 × 711 / 1448	84·4	199·1 + 34·8	4·05	Rauchröhren					
11	Desgl.	Naßdampflokomotive	41	4/5-gek. (2-8-0)	(559 + 889) × 711 / 1448	73·5	185	4·05	—	7 monatl. Betriebsfahrten	Mai bis Oktober 1905	17·8	—	New York Railway Club, April 1906
		Heißdampflokomotive	20	4/5-gek. (2-8-0)	533 × 711 / 1448	84·4	199·1 + 34·8	4·05	Rauchröhren					

[1]) Die Direktion der Böhmischen Nordbahn-Gesellschaft bemerkte hierzu: „Könnte die Heißdampflokomotive bei den angeführten Zügen auf der Linie Prag-Turnau (mit wechselnden Niveauverhältnissen) ihrer Leistung entsprechend gleichmäßig ausgenutzt werden, so wäre gewiß eine relativ größere Ersparnis zu verzeichnen."

Digitized by Google

Urteil über die erzielbare Ersparnis an Kohle und Wasser gewinnen, weil in vielen Fällen die Behandlung und Unterhaltung der Heißdampflokomotiven noch viel zu wünschen übrig läßt. Die viel besseren Ergebnisse bei Versuchsfahrten stellen gewissermaßen das Ideal dar, das sich mit dem Heißdampfbetrieb erreichen läßt.

Wenn die aus den Betriebsergebnissen berechneten Materialersparnisse in vielen Fällen nicht jene hohen Werte erreichen, so liegt der Grund auch darin, daß gegenwärtig noch die Zugstärken und die Fahrpläne der besten und wirtschaftlichsten Leistung der Naßdampflokomotiven angepaßt sind, nicht aber den viel höher liegenden wirtschaftlichsten Leistungen der Heißdampflokomotiven entsprechen.

Jedoch auch bei bloßer Zugrundelegung der Betriebsergebnisse läßt sich eine durchschnittliche Kohlenersparnis der Heißdampfzwillingslokomotive gegenüber Naßdampfzwillingslokomotive 25 bis 30% und eine Ersparnis von 15 bis 20%, beim Vergleich der Heißdampfzwillingslokomotive mit gut geführten Naßdampfverbundlokomotiven mit aller Bestimmtheit angeben, wie dies auch aus der nebenstehenden Zahlentafel hervorgeht.

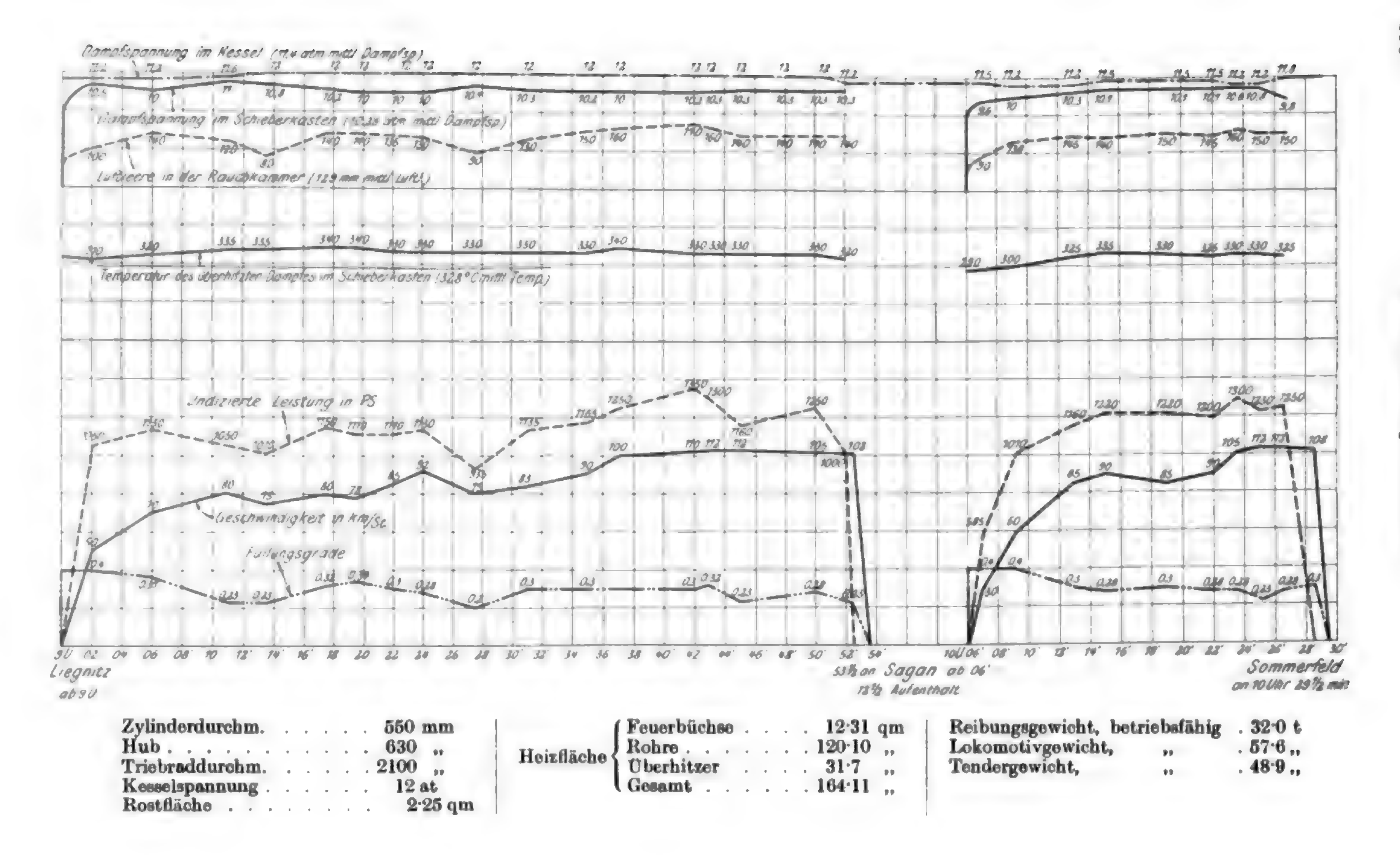
b) Erhöhte Leistungsfähigkeit.

Die hohe Überhitzung des Dampfes gewährt die Möglichkeit, die in der Gegenwart immer dringender verlangte Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Lokomotive zwecks Erzielung höherer Geschwindigkeit oder größerer Schleppleistung zu ermöglichen, ohne den Kessel zu vergrößern und damit zu unverhältnismäßig großen Abmessungen der Lokomotive Zuflucht nehmen zu müssen.

Diese bedeutende Erhöhung der Leistungsfähigkeit durch die Heißdampflokomotive, die sich bei allen Versuchen und im Betriebe immer wieder ergeben hat, ist für den Lokomotivbetrieb von viel größerer Bedeutung als die größte Kohlen- und Wasserersparnis und sollte anstatt dieser im Vordergrunde aller Erwägungen stehen, um so mehr, als durch die Wirtschaftlichkeit bei kleinsten und größten Leistungen auch die Möglichkeit starker Herabziehung der vielen Lokomotivgattungen gegeben ist.

Im ersten Abschnitt dieser Arbeit wurde bereits die erhöhte Leistungsfähigkeit der Heißdampflokomotiven vom theoretischen Standpunkt betrachtet; hier soll dies nunmehr durch einige der Praxis entnommene Beispiele erhärtet werden, die dem Werke des Verfassers: „Die Dampflokomotiven der Gegenwart“ entnommen sind.

In den nachfolgenden Abb. 16 bis 19 sind Dauerleistungen einfacher Heißdampfzwillingslokomotiven der Preußischen und der Belgischen Staatsbahnen zeichnerisch dargestellt. Die Abbildungen stellen ausgewählte Teile von Versuchsfahrten dar, die die außerordentliche Leistungsfähigkeit am besten erkennen lassen. Bei den Abb. 16 bis 18 wurde, abweichend von der zumeist üblichen Darstellungsweise, die Zeit als Abszisse gewählt; dadurch erscheint das Streckenprofil etwas verzerrt; da jedoch die einzelnen Steigungen stets angegeben sind, dürfte dies kaum als Mangel empfunden werden. Dafür hat diese Darstellungsweise den Vorteil, daß die Schaulinie der Leistung gleichzeitig die Dauer derselben erkennen läßt, wodurch es auch in einfachster Weise möglich ist, die mittlere Leistung zu bestimmen. Bei der Abb. 19 der belgischen


Dampfspannung im Kessel (11.4 atm mittl Dampfsp.)
Dampfspannung im Schieberkasten (10.25 atm mittl Dampfsp.)
Luftleere in der Rauchkammer (129 mm mittl Luftl.)
Temperatur des überhitzten Dampfes im Schieberkasten (328° C mittl Temp.)
Indizierte Leistung in PS
Geschwindigkeit in km/St.
Füllungsgrade
Liegnitz ab 9.0
53½ an Sagan ab 06'
12½ Aufenthalt
Sommerfeld an 10 Uhr 29½ min
Zylinderdurchm. . . . . . . 550 mm
Hub . . . . 630 „
Triebraddurchm. . . . . . . 2100 „
Kesselspannung . . . . . . 12 at
Rostfläche . . . . 2·25 qm
Heizfläche { Feuerbüchse . . . . 12·31 qm
Rohre . . . . . . 120·10 „
Überhitzer . . . . 31·7 „
Gesamt . . . . . . 164·11 „
Reibungsgewicht, betriebsfähig . 32·0 t
Lokomotivgewicht, „ . 57·6 „
Tendergewicht, „ . 48·9 „

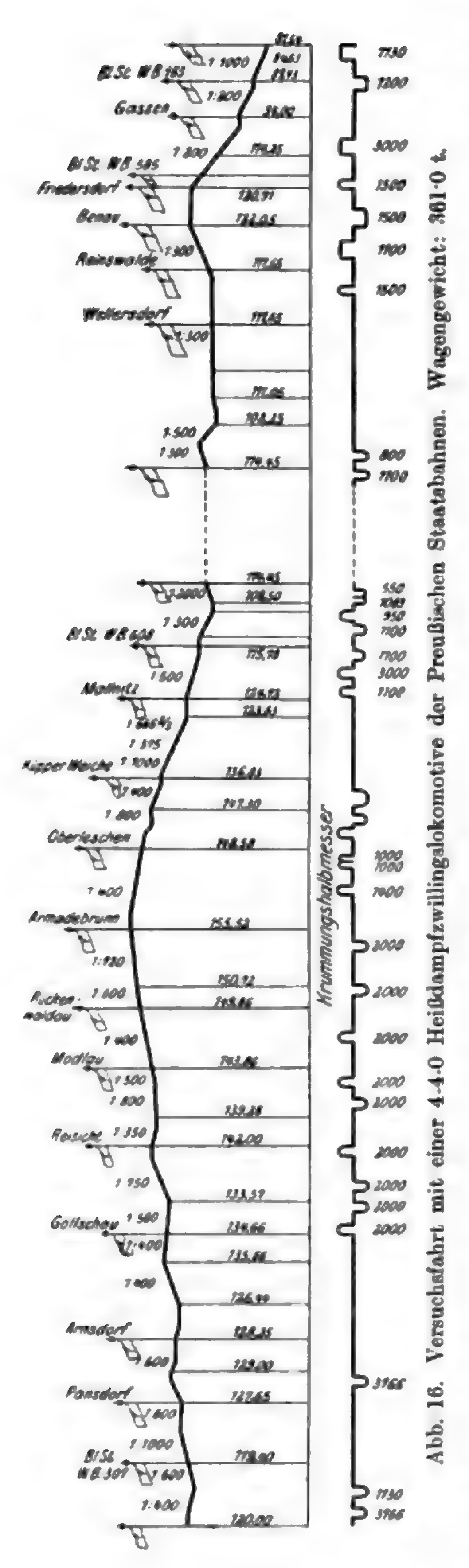


Abb. 16. Versuchsfahrt mit einer 4-4-0 Heißdampfzwillingslokomotive der Preußischen Staatsbahnen. Wagengewicht: 361·0 t.

Staatsbahnen konnte diese Darstellungsweise nicht gewählt werden, sondern es mußte der Weg als Abszisse genommen werden.

Im übrigen sprechen diese glänzenden Leistungen in den Abbildungen so deutlich für sich, daß sie wohl keiner besonderen Erläuterung bedürfen Solche Leistungen sind von Naßdampflokomotiven gleichen Gewichtes und gleicher Achsenzahl nicht annähernd zu erzielen, und wenn noch erwogen wird, daß dieselben bei bedeutend erhöhter Wirtschaftlichkeit erfolgten, dann kann wohl nicht mehr daran gezweifelt werden, daß in der Anwendung von hochüberhitztem Dampf bei einfachen, richtig gebauten Zwillingslokomotiven das wirtschaftlichste Mittel zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Lokomotiven unter Beibehaltung einfachster Bauarten gegeben ist.

c) Beschaffungs- und Unterhaltungskosten.

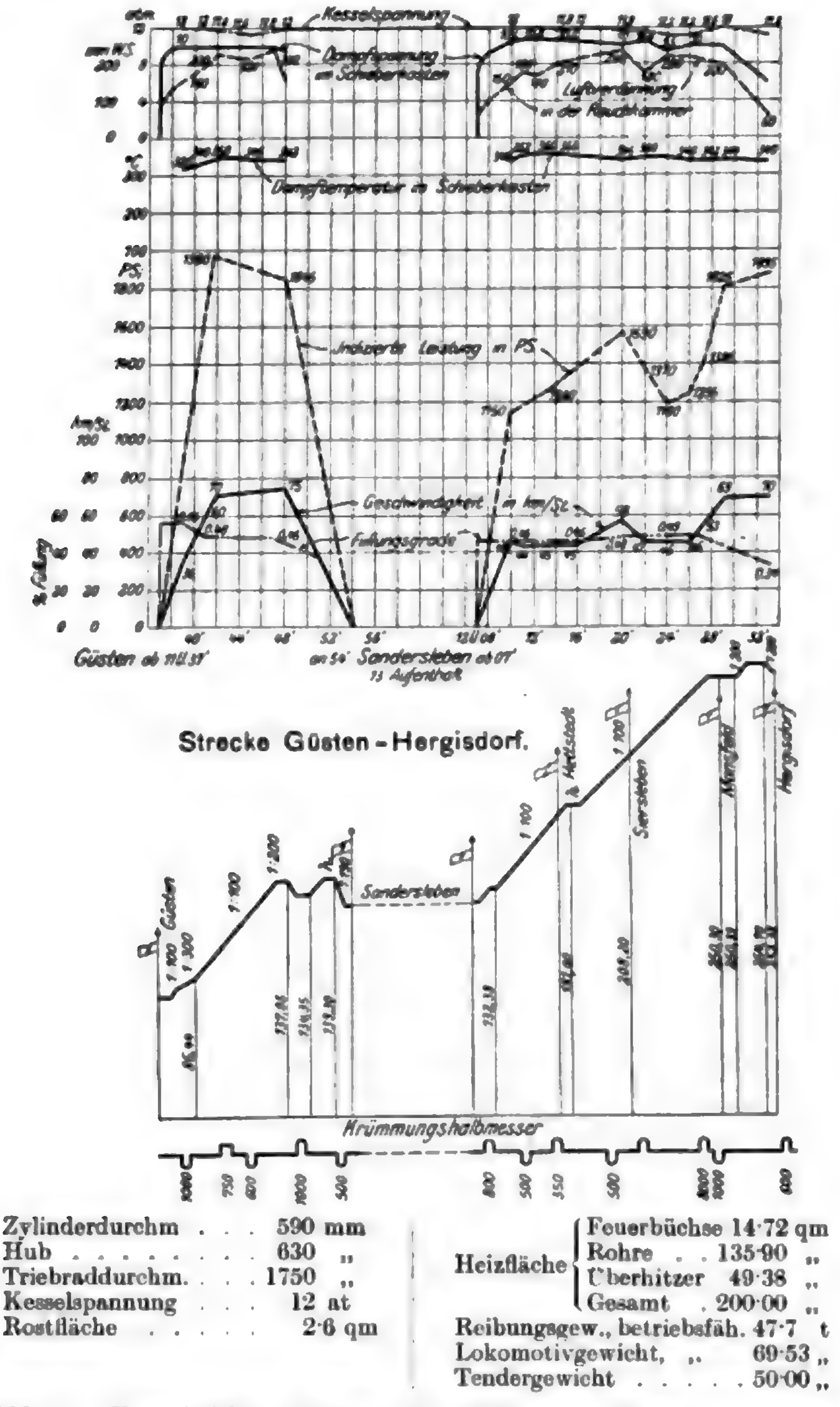
Auf Grund der angeführten Tatsachen, die aus jahrelanger Erfahrung geschöpft sind, kann wohl nicht mehr angezweifelt werden, daß sich Heißdampf im Lokomotivkessel wirtschaftlich erzeugen und in der Maschine betriebssicher verarbeiten läßt, daß seine Verwendung eine bedeutende Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit mit sich bringt und zur Verminderung, Vereinfachung und Vereinheitlichung der Bauarten führt.

Es ist dabei aber noch nötig, die Zweifel und Bedenken zu zerstreuen, die über die hohen Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der Heißdamflokomotiven bestehen.

Bei richtiger Würdigung der vorstehend bewiesenen Vorteile fällt der Einwand der zu hohen Beschaffungspreise in sich zusammen, denn die Mehrkosten für den Einbau eines Überhitzers und die Verstärkung und Verbesserung einiger Gangteile sind gegenüber der wesentlich erhöhten Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit, sowie gegenüber dem Fortfall des Vorspanndienstes schon jetzt ver-

hältnismäßig klein und werden sich bei Vereinheitlichung der Einzelteile und umfänglicherer Herstellung noch vermindern.

Selbstverständlich sind bei den versuchsweise und auch später noch gebauten ersten Heißdampflokomotiven manche Fehler gemacht worden. Jede neue Gattung bot neue Aufgaben, aber jeder neue Versuch brachte weitere Erfahrungen, und auch die sich stetig mehrenden Betriebsergebnisse sind von Neubau zu Neubau benützt worden.



Zylinderdurchm. . . .	590 mm	Heizfläche	Feuerbüchse	14·72 qm
Hub	630 „		Rohre . .	135·90 „
Triebraddurchm. . . .	1750 „		Überhitzer	49·38 „
Kesselspannung . . .	12 at		Gesamt .	200·00 „
Rostfläche	2·6 qm	Reibungsgew., betriebsfäh.		47·7 t
		Lokomotivgewicht, „		69·53 „
		Tendergewicht		50·00 „

Abb. 17. Versuchsfahrt mit einer 4-6-0 Heißdampfzwillingslokomotive der Preußischen Staatsbahnen. Wagengewicht: 400 t.

Digitized by Google

Auf diesem Wege ist gegenwärtig die Heißdampflokomotive an der Grenze der Einfachheit angelangt, und es kann auch im Rückblick auf die Erfahrungen auf dem Gebiete der Haltbarkeit der Überhitzer und sonstigen Bauteile für Anwendung des Heißdampfes und die Unterhaltungsarbeiten und deren Kosten nur Günstiges berichtet werden.

Die Feuerbeständigkeit des Rauchröhrenüberhitzers ist durch mehrjährigen Betrieb erhärtet. Die große Einfachheit der Bauart zeigen die Zeichnungen.

Was seine Unterhaltungskosten anbelangt, so sind die Erfahrungen an den mit Rauchröhrenüberhitzern ausgestatteten Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung noch nicht ausreichend, um ein endgültiges Urteil abgeben zu können. Nach seinem bisherigen vorzüglichen Verhalten im Betriebe jedoch, sowie auf Grund der längeren Erfahrungen ausländischer Bahnen, sind Schwierigkeiten in dieser Hinsicht nicht zu erwarten.

Allerdings ist besonders darauf zu achten, daß die für die Reinigung der Rauchröhren bestehenden Vorschriften auch gewissenhaft eingehalten werden.

Geschieht die Reinigung nicht gründlich, was nur wenig Arbeit und Zeit beansprucht, sondern wird der Lösche Gelegenheit gegeben, sich festzusetzen, so versacken sich die Rauchröhren allmählich mehr und mehr, die Überhitzung sinkt, und eine umständliche, gründliche Reinigung muß alsdann erfolgen.

Es wurde bereits hervorgehoben, daß bei den ersten Heißdampflokomotiven der stark vermehrten Leistungsfähigkeit der Maschine noch nicht durch entsprechende Verstärkung der Gangteile Rechnung getragen worden war. Bei den älteren Lokomotiven stellte sich daher eine erhöhte Ausbesserungsbedürftigkeit ein, die aber mit dem Heißdampfbetrieb an sich nichts zu tun hatte.

Endlich erforderte auch die Neuheit der Kolbenschieber ohne federnde Ringe einige Opfer, bevor durch die Erfahrung die richtigen Kalibermaße und die sachgemäße Behandlung festgestellt werden konnten.

Diese Kinderkrankheiten sind völlig überwunden.

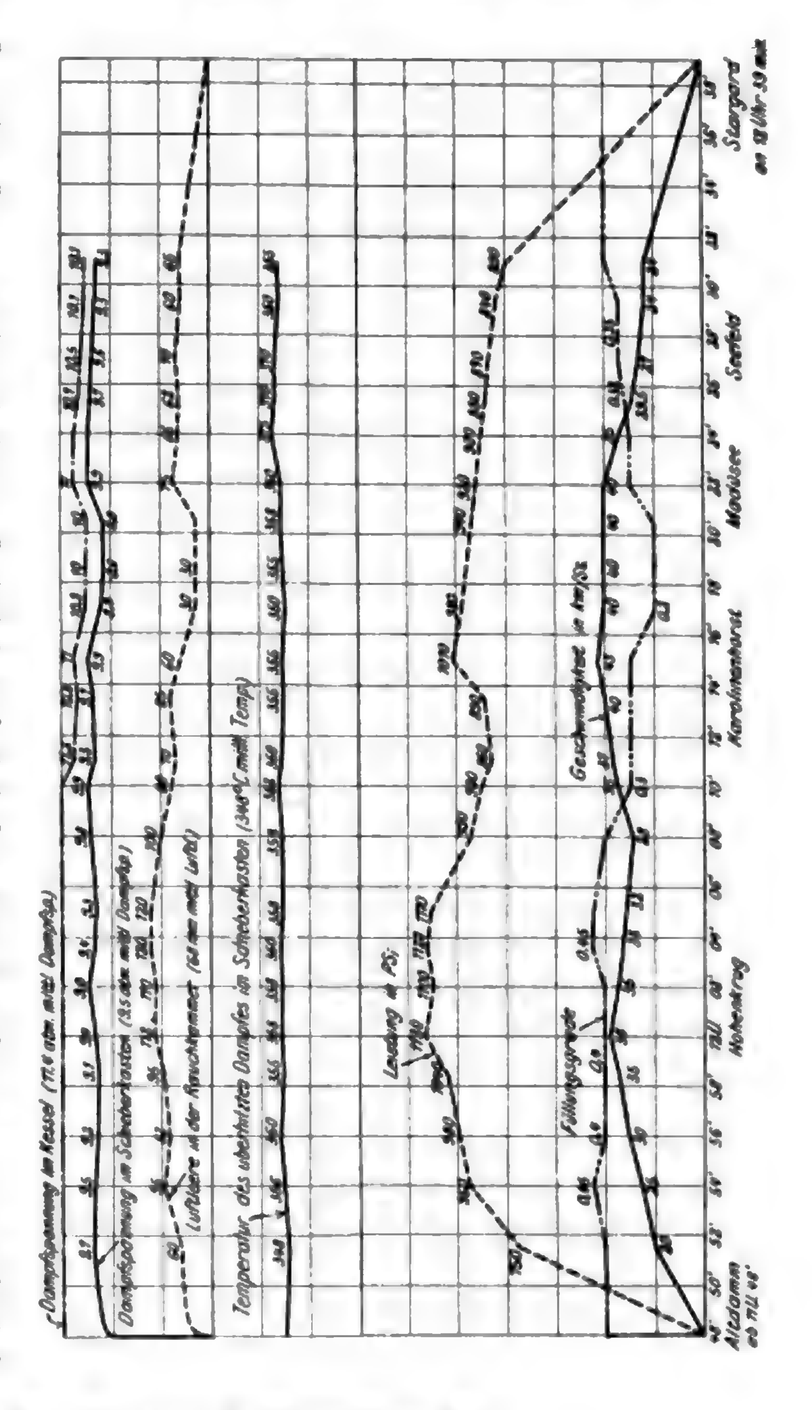
Bei den neueren Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen sind alle bisher zutage getretenen Unvollkommenheiten berücksichtigt und von diesen kann mit aller Bestimmtheit ausgesprochen werden, daß sie keine höheren Unterhaltungskosten bedingen als gewöhnliche Naßdampfzwillingslokomotiven und daß sie in der Unterhaltung bedeutend billiger sind als Vierzylinderverbundlokomotiven.

Hierfür sprechen u. a. die neuesten Betriebsergebnisse der im Februar und März 1905 eingestellten 2-6-0 Heißdampfpersonenzugtenderlokomotiven der Preußischen Staatsbahnen, von denen jede im schweren Vorortsdienst von Berlin in $1^1/_2$jährigem Betriebe über 100000 bis 118000 Zugkilometer leistete, bevor sie zur ersten, allgemeinen Ausbesserung in die Werkstätte gelangten und dabei nur den gewöhnlichen Verchleiß an Achsen und Gestängen zeigten. Überhitzer und Dampfmaschine gaben zu Beanstandungen keine Veranlassung.

Ebenso günstig lauten auch die Erfahrungen, die außerpreußische Bahnen mit Schmidtschen Heißdampflokomotiven gemacht haben. Es

seien hier einige Äußerungen hervorragender Eisenbahnfachleute wiedergegeben:

Herr H. H. Vaughan, Lokomotivsuperintendent der Canadischen Pacificbahn, äußerte sich in einem Vortrage vor der American Master Mechanics Ass. auf Grund seiner Erfahrung mit einer größeren Anzahl Schmidtscher Heißdampflokomotiven wie folgt:



„Im allgemeinen kann daher angenommen werden, daß die Unterhaltungskosten einer Heißdampflokomotive notwendigerweise nicht größer sind als die einer gewöhnlichen Lokomotive von gleicher Größe, denn obwohl gewisse zusätzliche Ausgaben verursacht werden, sind diese wieder ausgeglichen durch Ersparnisse in anderer Richtung, so daß die gesamten Unterhaltungskosten nicht sehr verschieden sein werden. Wenn das richtig ist, dann hängt der Wert der Überhitzung nur von dem Verhältnis zwischen den ersten Mehrkosten und den erzielten Ersparnissen ab, und da gegenwärtig die Mehrkosten einer Heißdampflokomotive ungefähr 1000 $ (4220 M.) betragen und die Tendenz vorhanden ist, diese Mehrkosten eher zu vermindern als zu vermehren, so stellt die Heißdampfanwendung augenscheinlich eine sehr gute Kapitalsanlage dar.“

Unter Zugrundelegung amerikanischer Verhältnisse rechnet schließlich Vaughan aus, daß die Mehrkosten einer Heißdampflokomotive bereits nach zweijährigem Betriebe amortisiert sind (vgl. American Railway Master Mechanics Association 1905).

Digitized by Google

Herr **Flamme**, Generalinspektor der belgischen Staatsbahnen, macht in einem vor den Mitgliedern der englischen „Institution of Mechanical Engineers" in Lüttich am 20. Juni 1905 gehaltenen Vortrage über Heißdampflokomotiven folgende Mitteilung: „Was die Unterhaltung der Heißdampflokomotive, Type 35, anbetrifft, so hat solche keine besondere Aufmerksamkeit während ihres $1^1/_2$jährigen Dienstes erfordert. Diese von Anfang an günstigen Resultate haben die Belgischen Staatsbahnen veranlaßt, der Anwendung von Heißdampf für Lokomotiven in größerem Maße näherzutreten."

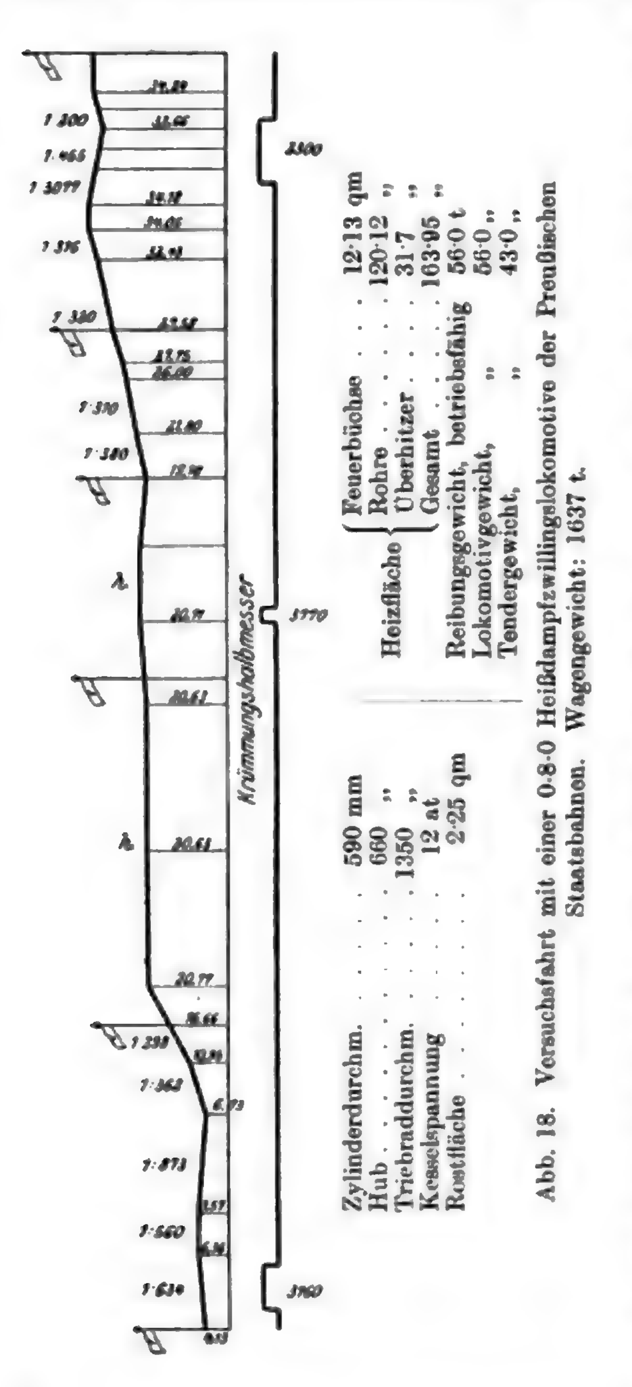


Abb. 18. Versuchsfahrt mit einer 0-8-0 Heißdampfzwillingslokomotive der Preußischen Staatsbahnen. Wagengewicht: 1637 t.

Die **Böhmische Nordbahngesellschaft** berichtet in einem Schreiben an den Verfasser vom 20. April 1907:

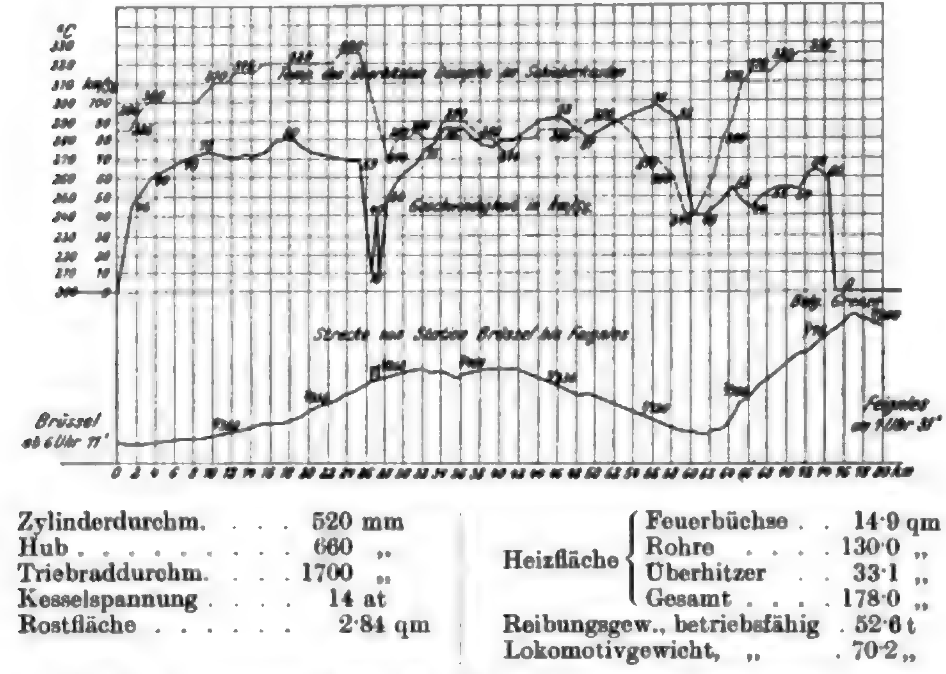
„Die im Jahre 1905 angeschafften zwei Heißdampflokomotiven wurden nach Ablauf von zwölf Monaten zur allgemeinen Revision der Werkstätte beigestellt, und es wurde nach Herausnahme der Kolben und Schieber konstatiert, daß weder die Kolbenringe noch die Schieber eine merkbare Abnutzung aufwiesen, so daß diese Teile nach erfolgter Reinigung wieder montiert werden konnten. Ebenso haben sich an dem Überhitzungsapparate keinerlei Mängel gezeigt, überhaupt waren die bei der ersten Ausbesserung aufgelaufenen Unterhaltungskosten keine größeren als bei Naßdampflokomotiven nach der gleichen Benutzungsdauer bzw. nach gleicher Dienstleistung."

Auch die Erfahrungen anderer Bahnverwaltungen lauten dahin, daß die Heißdampflokomotiven keine größeren Unterhaltungskosten bedingen als gewöhnliche Naßdampflokomotiven.

Allerdings wird im Betriebe überall darauf zu achten sein, daß die Heißdampflokomotiven stets in vorschriftsmäßiger und verständnisvoller Weise gefahren und bedient werden. Wenn dies vereinzelt nicht geschieht,

so liegt der Hauptgrund noch immer für viele in der Neuheit der Sache. Hier wird eine gründliche praktische Schulung des Personals durch geeignete Lehrer vorausgehen müssen, bevor man der Mannschaft die neue Lokomotive anvertraut.

Die Betriebswerkstätten werden bei den erhöhten Leistungen der Lokomotiven in höherem Maße wie bisher für Abstellung der kleinsten Mängel nach jeder Fahrt zu sorgen haben. Unbedingt sind sie mit Preßlufteinrichtungen auszurüsten, die eine sofortige, gründliche Reinigung der Rauchröhren für den Überhitzer durch Ausblasen nach jeder Fahrt gestatten.



Zylinderdurchm.	520 mm	Heizfläche	Feuerbüchse	14·9 qm
Hub	660 „		Rohre	130·0 „
Triebraddurchm.	1700 „		Überhitzer	33·1 „
Kesselspannung	14 at		Gesamt	178·0 „
Rostfläche	2·84 qm	Reibungsgew., betriebsfähig		52·6 t
		Lokomotivgewicht, „		70·2 „

Abb. 19. Versuchsfahrt mit einer 4-6-0 Heißdampfzwillingslokomotive der Belgischen Staatsbahnen. Wagengewicht: 355 t.

Wird noch für ausreichende Ersatzteile in den Werkstätten gesorgt, damit die vertauschbaren Teile ohne weiteres durch Ersatzstücke ausgewechselt werden können, was durch die Gleichartigkeit der Heißdampflokomotivgattungen wesentlich erleichtert wird, so werden auch die bisher gebräuchlichen Zeiten für die großen Unterhaltungsarbeiten noch eine erhebliche Abkürzung erfahren können.

Die Lokomotivführer und Heizer sollten auf jeden Fall durch einen geeigneten Anschauungsunterricht durch die nächsten Vorgesetzten unterstützt werden, denn von der Lokomotivmannschaft hängt es hauptsächlich ab, ob die Heißdampflokomotive im Betriebe den hohen Nutzen ungeschmälert bringt, den man von ihr zu erwarten berechtigt ist.

Digitized by Google

Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen.

Von

E. C. Zehme,

Privatdozent an der Kgl. Techn. Hochschule, Berlin.

---

1. Einleitung.

In technischer Beziehung ist die Frage des elektrischen Bahnbetriebes eine Frage der Zuführung der Energie zum Fahrzeug. So einfach in den ersten Jahren der Entwicklung der elektrischen Bahnen der Gedanke erschien, dem Fahrzeuge die Energie in einem auf chemischem Wege geladenen Sammler mitzugeben, ebenso schnell trat die Erkenntnis zutage, daß bei der Unbrauchbarkeit der viel zu schweren und teuren Speicher vorderhand nur mit der Erzeugung des Stromes an einem festen Orte und seiner Fortleitung zum Fahrzeuge mittels besonderer Leitungen gerechnet werden könne.

Im engern Sinne ist also die Frage des Betriebes elektrischer Eisenbahnen eine Frage der Stromzuführung von einem ortsfesten Kraftwerke zum fahrenden Zuge. Danach hat sich allein die Entwicklung aller Bestandteile der elektrischen Bahnausrüstung gerichtet: der Kraftwerke, der Neben- und Umformerwerke und der Motoren des Fahrzeuges nebst ihren Schaltvorrichtungen.

Der elektrische Bahnbetrieb hat sich auf den Straßenbahnen entwickelt, deren Bau verhältnismäßig einfach gestaltet ist und deren Anlage ein weniger großes Wagnis als bei Hauptbahnen darstellt. Erst nachdem hier ein voller Erfolg zu verzeichnen war, ging man dazu über, auch auf Bahnen höherer Gattung elektrische Zugförderung einzurichten. In beiden Fällen waren die Vereinigten Staaten von Nordamerika führend, deren große Anzahl von Bahnbauten den Erbauern eine Fülle wertvoller Erfahrungen an die Hand gaben. Rechnet man die Zwischenstadtbahnen (Interurban railways) mit Rücksicht auf ihre hohe Fahrgeschwindigkeit von 75 bis 120 km/st zu den Hauptbahnen, so stellen diese im Verein mit den zum elektrischen Betrieb übergegangenen oder von vornherein für solchen angelegten Hauptbahnen und den sämtlich elektrisch eingerichteten Stadtbahnen eine Anzahl dar, welche die Zahl der elektrischen Bahnen gleicher Art aller anderen Länder zusammengenommen weit übertrifft.

Während in der Ausarbeitung der Einzelteile die Vereinigten Staaten maßgebend waren, fällt die geistige Urheberschaft der für den Bau und die Bahnart maßgebenden Gesichtspunkte Europa, insbesondere Deutsch-

land, Österreich-Ungarn und der Schweiz zu, in welchen Ländern man sich indes in größeren Ausführungen durch das zaghafte Verhalten der Finanz- und technischen Verwaltungskreise gehindert fühlte.

Die elektrische Einrichtung der Hauptbahnen weist nun aber trotz ihrer Anlehnung an die der Bahnen niederer Gattung, insbesondere der Straßenbahnen, im großen ganzen selbständige Formen auf, die sich bei den Betriebsmitteln am schärfsten ausprägen. Schon die Fahrordnung, der eigene Schienenweg und die sachgemäße Zugführung lassen eine rechnungsmäßige Feststellung des Antriebes und der Regelungsvorrichtung zu, sodann aber ist es vor allem die letztere selbst, die bei den hauptbahnmäßigen Zugbildungen eine eigene Ausbildung erheischt; ein gleiches ist bei den Stromabnehmern der Fall, und endlich stellt hier der Sicherheitsdienst ganz besondere Anforderungen, die hauptsächlich auf die bei Hauptbahnen üblichen Hochspannungen, die höheren Fahrgeschwindigkeiten und den Fahrdienst zurückzuführen sind.

2. Die verschiedenen Bauarten der elektrischen Eisenbahnen.

Wie schon vorstehend begründet, finden die einzelnen Bauarten der elektrischen Eisenbahnen in der Energiezuführung vom Kraftwerk zu den Motoren ihren bündigsten Ausdruck. Man hat hier die zwei großen Klassen zu unterscheiden:

1. Die elektrische Energie wird in ortsfesten Stromerzeugungsanlagen in Sammlern aufgespeichert, das heißt in diesen in chemische Energie umgewandelt; die Sammler finden im Fahrzeuge Aufstellung und geben die Energie in elektrischer Form auf der Fahrt an die Motoren ab.

2. Der Strom wird in ortsfesten Kraftwerken erzeugt und durch besondere Leitungen dem Fahrzeuge auf der Strecke zugeführt.

Die erste Bauart findet wegen des im Verhältnis zur Zuglast hohen Sammlergewichtes nur bei einzelnen fahrenden Wagen, den sogenannten Motorwagen Anwendung[1]), da die Erfahrung gelehrt hat, daß ein wirtschaftlicher Betrieb mit Zügen auf verkehrsreichen Linien in dieser Weise unmöglich ist. Da nun auch die Bauart Heilmann mit einer vollständigen Stromerzeugungsanlage im Zuge, aus der die auf die Triebachsen verteilten Motoren gespeist werden, also mit Dampfkraft und elektrischem Übertragungstriebwerk, nicht lebensfähig war, bleibt für den elektrischen Betrieb von Hauptbahnen nur die Übertragung der in ortsfesten Kraftwerken erzeugten Energie auf die Fahrzeuge mittels besonderer Streckenleitungen übrig. Diese hat sich denn auch für verkehrsreiche Linien und größere Zuglasten bisher allein behauptet und ist an Hand einer großen Reihe von Ausführungen schon zu einem hohen Grad der Vervollkommnung gelangt.

In dieser zweiten Bauart können die Bahnen als Gleichstrom- oder als Wechselstrombahnen zur Ausführung gelangen. Solange es sich um geringe Entfernungen, um kurze Linien und verhältnismäßig niedrigen Stromverbrauch handelt, ist Gleichstrom dem Wechselstrom nicht nur wirtschaftlich ebenbürtig, sondern, wie später gezeigt wird, auch überlegen. Es stellt sich aber sehr bald die Grenze ein, bei der sowohl die Leitungen mit Rücksicht auf die niedrige Spannung, die bei der

---

[1]) vgl. Bd. I: Dinglinger-Guillery, Motorwagen und leichte Lokomotiven.

Gleichstrom-Zweileiternetzen zwischen 1500 und 2000 Volt beziehungsweise bei ständiger Reihenschaltung je zweier Motoren zwischen 3000 und 4000 Volt liegt, erheblich kostspieliger werden, als auch die Stromabnehmer und die Schaltvorrichtungen der Fahrzeuge schwerfällige Formen annehmen. Hier hat der Wechselstrom einzusetzen, mit dem man heute nach Auffindung brauchbarer Motoren vorläufig sicher rechnen kann.

Was die Stromzuführungen beider Bauarten angeht, so hat die eine Zeitlang bei Hauptbahnen als zweckmäßige Lösung dieser Frage angesehene „dritte Schiene" auch schon bei den Gleichstrombahnen selbst sehr bald ihre Anwendbarkeit verloren, da es bis jetzt kaum möglich ist, die Stromschiene für Spannungen von 1500 Volt und darüber dauerhaft zu isolieren, so daß auch hier schon die bei den hohen Spannungen der Wechselstrombahnen allein mögliche Luftleitung Anwendung finden muß. In dieser Beziehung besitzt also die Gleichstrombahn gegenüber der Wechselstrombahn keinen Vorzug mehr. Da nun Spannungen von 1000 Volt bei mit Gleichstrom betriebenen größeren Haupt- und Stadtbahnen so gut wie keine Aussicht auf wirtschaftlische Überlegenheit mehr bieten, hat man in beiden Fällen mit oberirdischer Stromzuführung zu rechnen.

3. Berechnung und Entwurf der Wagenmotoren elektrischer Eisenbahnen.

Die Berechnung einer jeden Bahnanlage mit elektrischer Zugförderung beginnt mit der Feststellung des Stromverbrauches, geht also von der Ermittlung der Betriebsmittel aus. Liegt die Linienführung fest, so sind mit der Aufstellung des Fahrplanes, der Wahl der Wagengröße und der Bestimmung der Zuglänge alle Unterlagen für die Berechnung des Stromverbrauches eines Zuges gegeben. Hieraus folgen dann ohne weiteres die Querschnitte der Leitungen und die Größe des Kraftwerkes.

Von wesentlichem Einfluß auf den Stromverbrauch ist die Anfahrbeschleunigung, mit deren Zunahme außerdem die Kosten der elektrischen Zugausrüstung, Stromzuführungen und des Kraftwerkes wachsen. Die Berechnung der Anfahrtszugkraft Z_a in kg ergibt sich aus der Formel

$$Z_a = G(w + s) + p\frac{G \cdot 1000}{g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 1}$$

worin G das Zuggewicht in t, w den Zugwiderstand in kg/t auf der wagerechten, geraden Strecke, s die Steigung in $^0/_{00}$, p die Beschleunigung in m/sec² und g die Beschleunigung der Schwere bedeuten. Für den Bewegungswiderstand des Fahrzeuges in Gleiskrümmungen und den Kraftwiderstand sind die andernorts[1]) angegebenen Werte einzusetzen.

Eine hohe Anfahrbeschleunigung macht sich durch den damit erzielten Gewinn in der Zugfolge, Fahrgeschwindigkeit und Zugzahl nur bei kleinen Stationsabständen und anhaltendem Massenverkehr, also auf Stadtbahnen bezahlt, während sie auf Bahnen mit großen Stationsabständen und geringerer Zugdichte den sehr viel höheren Anlagenkosten gegenüber wenig zur schnelleren und einträglicheren Beförderung beiträgt, dagegen eine sehr viel teuerere Anlage verlangt.

Die Anfahrbeschleunigung beträgt auf elektrisch betriebenen Stadtbahnen 0·6 bis 0·8 m/sec², geht aber auch (z. B. 0·45 m/sec² auf der elek-

---

[1]) vgl. Bd. II: Sanzin, Zugwiderstände.

trischen Hoch- und Untergrundbahn Berlin) unter diese Beträge herunter. Bei Dampfbetrieb kann man mit Rücksicht auf die beschränkte Anzahl von Triebachsen und die Arbeitsverhältnisse des Dampfmotors, selbst bei ideal gebauten Maschinen, hiermit nicht mehr als 0·22 m/sec² erreichen. Auf Hauptbahnlinien mit seltenerem Anhalten und langen Fahrstrecken genügt es, bei elektrischem Betrieb nicht über 0·15 bis 0·25 m/sec² zu gehen.

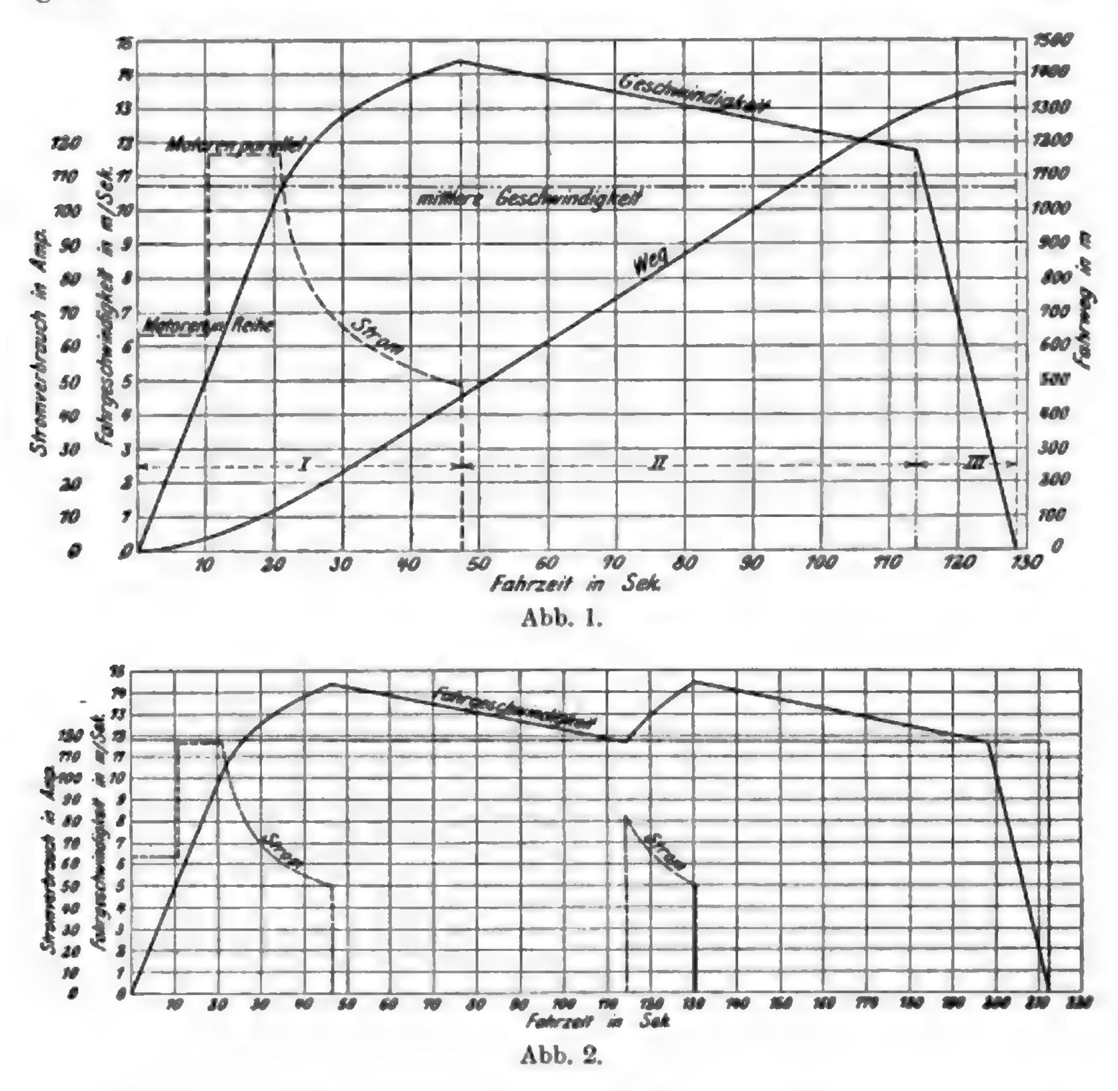


Abb. 1.

Abb. 2.

Die Geschwindigkeitslinien haben bei Stadtschnellbahnen, wagerechte Strecke vorausgesetzt, den in Abb. 1, 2 und 3 dargestellten Verlauf. In Abb. 1 bedeuten die Zone I die Beschleunigung, II den Auslauf des Zuges, III die Bremsung. Da die Auslauflinie nur die Neigung $\frac{10}{100}$ gegen die Wagerechte besitzt, bedingt sie gegen die Fahrt mit voller Geschwindigkeit auf dieser Strecke nur einen geringen Geschwindigkeitsverlust, der mit Rücksicht auf die mit ihr verbundene Stromersparnis gern in den Kauf genommen wird. Abb. 2 und 3 beziehen sich auf großen Stationsabstand, und zwar wird bei der Fahrt nach Abb. 2 zweimal Strom gegeben und ein geringerer Stromverbrauch erzielt als bei der Fahrt nach Abb. 3 mit einer Strecke gleichbleibender Fahrgeschwindigkeit.

Digitized by Google

Einem jeden Punkte der Geschwindigkeitslinien I (Abb. 1) entspricht nun nach Gl. 1 (S. 367) eine bestimmte Zugkraft. Der hierzu gehörige Stromverbrauch kann aus der Kennlinie des Motors, die nach Abb. 4 ent-

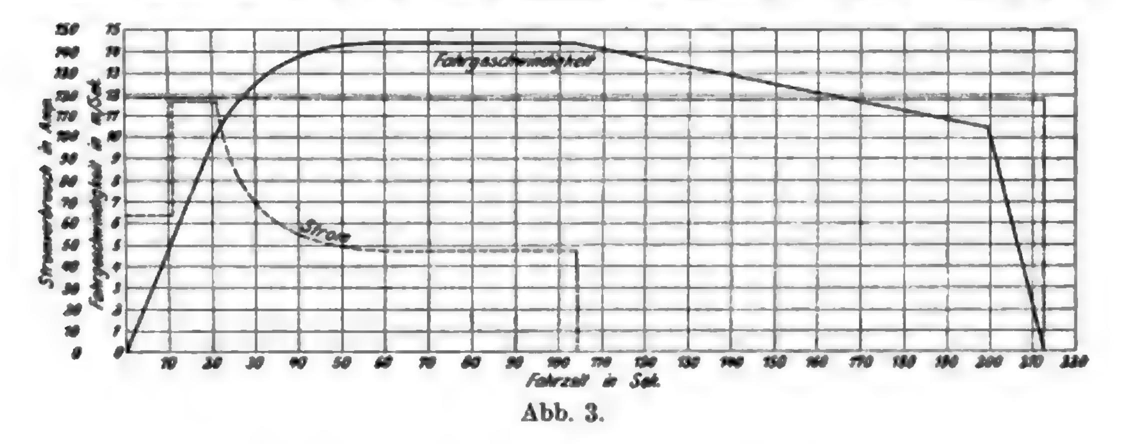


Abb. 3.

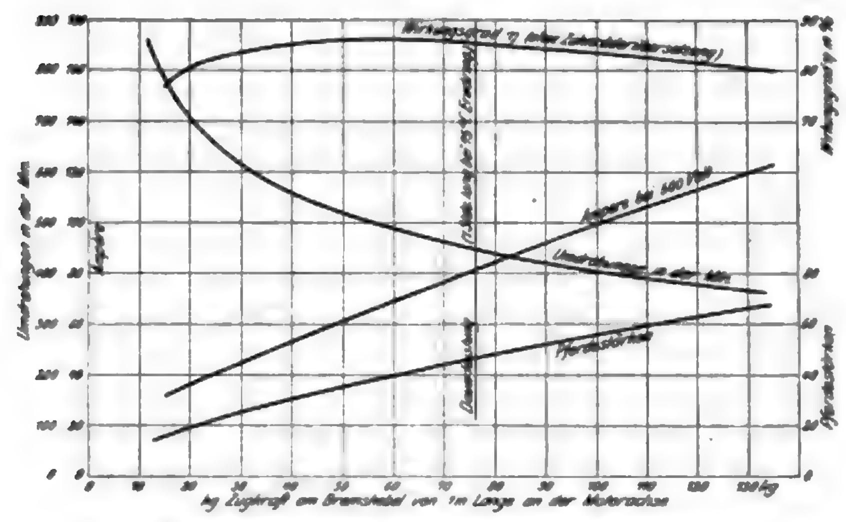


Abb. 4. Kennlinie des Gleichstrom-Reihenschlußmotors.

sprechend der Eigenart der Gleichstrom-Reihenschlußmotoren eine mit zunehmender Zugkraft abfallende Geschwindigkeit aufweist, unmittelbar abgelesen werden. Die Kennlinie selbst ergibt sich bei der Abbremsung des Motors im Versuchsraum der Bauanstalt. Hieraus entsteht sodann die in Abb. 1 bis 3 eingezeichnete Stromverbrauchslinie.

An Hand dieser Schaubilder, zu deren Aufzeichnung man sich, da die endgültige Motorgröße noch nicht festlag, an einen vorläufig gewählten Motor zu halten hatte, läßt sich nun der Motor selbst auffinden. Bestimmte Regeln gibt es dafür nicht. Diese Arbeit bleibt vielmehr der Erfahrung des entwerfenden Ingenieurs überlassen. Man kennt die gleichen Schaubilder ausgeführter Anlagen und zieht daraus seine Schlüsse, indem man die Nennleistung der betreffenden Motoren zugrunde legt. Die Erwärmung des Motors, die allein für seine Wahl bestimmend ist, folgt dem Quadrate der Arbeitsstromstärke. Mancherseits wird es daher vorgezogen, aus der Linie des Stromverbrauches die der quadrierten Stromstärken zu entwickeln und diese Linie dem Vergleiche mit ähnlichen Anlagen zugrunde zu legen. Am zuverlässigsten ergibt sich die richtige Motorgröße

aus einem den wirklichen Betriebsverhältnissen angepaßten Versuch. Die Erwärmung des Motors darf in keinem Teile den Wert von 90 bis 100° C überschreiten.

Die Kennlinie des endgültig gewählten Motors weicht von der des vorläufig gewählten, gleiche Bauart vorausgesetzt, nicht so stark ab, daß die Schaubilder nach ihrer Korrektur wesentlich andere, die endgültige Wahl umstoßende Linienzüge aufwiesen.

In wichtigen Fällen, also z. B. bei der Bestimmung der motorischen Ausrüstung größerer Bahnanlagen, ist es unerläßich, den endgültig bestimmten Motor in einem den wirklichen Verhältnissen angepaßten Dauerbetriebe, am besten auf einer Versuchsstrecke, zu erproben und die Hauptlieferung erst hiernach ausführen zu lassen. Es sollen dabei tunlichst spätere Betriebsverstärkungen Berücksichtigung finden, wenn es nicht möglich ist, die Anzahl der Motoren des Zuges zu erhöhen.

4. Die Motoren der elektrischen Eisenbahnen.

a) Gleichstrommotoren.

Die Bahnmotoren wurden bis vor kurzem allgemein als Gleichstrommotoren mit Reihenschaltung ausgeführt. Das Stromlaufschema derselben ist in Abb. 5[1]) wiedergegeben. Der Strom durchläuft die Magnetwicklung und den Anker hintereinander. Die Zunahme der Belastung, z. B. bei der Anfahrt oder in Rampen, hat also eine Verstärkung des Feldes und damit eine Verringerung der Drehzahl zur Folge nach den Gleichungen

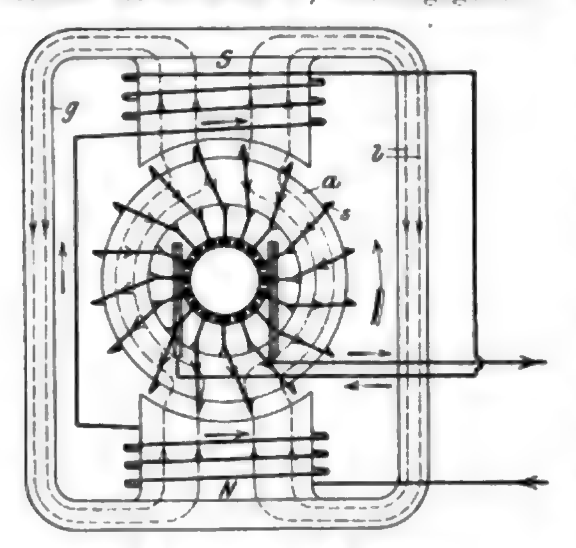


Abb. 5. Schaltung und Stromlauf des Gleichstrom-Reihenschlußmotors.
(*a* Anker, *g* Magnetgestell, *s* Ankerwicklung, *l* Kraftlinien.)

$$e = E + i w \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 2}$$

und

$$E = C n N \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. 3}$$

in denen e die zugeführte Klemmenspannung, E die vom Motor in Dynamowirkung erzeugte elektromotorische Gegenkraft, i die Stromstärke, w den Ohmschen Widerstand des Motors, N die Feldstärke, n die Drehzahl und C einen der Wicklung des Motors entsprechenden Festwert bedeuten. Darin liegt der Wert der Reihenschlußmotoren für Bahnbetrieb. Die Erhöhung der Zugkraft, z. B. bei Anfahrten oder in Steigungen, hat ohne allzu große Beeinträchtigung der Förderleistung eine nur mäßige Zunahme des Stromverbrauchs des Motors zur Folge, sodaß die Leitungen und das Kraftwerk hierbei kleiner ausfallen als bei Motoren, die ihre Drehgeschwindigkeit bei allen Belastungen annähernd beibehalten (Nebenschlußmotoren, Drehstrommotoren).

---

[1]) E. C. Zehme, Handb. d. elektrischen Eisenbahnen, Bd. I, S. 197.

Digitized by Google

Man bezeichnet die Motorgröße allgemein nach der Zugkraft, die der Motor eine Stunde lang abgeben kann, ohne an irgend einer Stelle eine Temperatur von 75° über die Außentemperatur zu erreichen. Das ist lediglich eine Vergleichsziffer, nach der die Wahl des Motors nach Aufzeichnung der

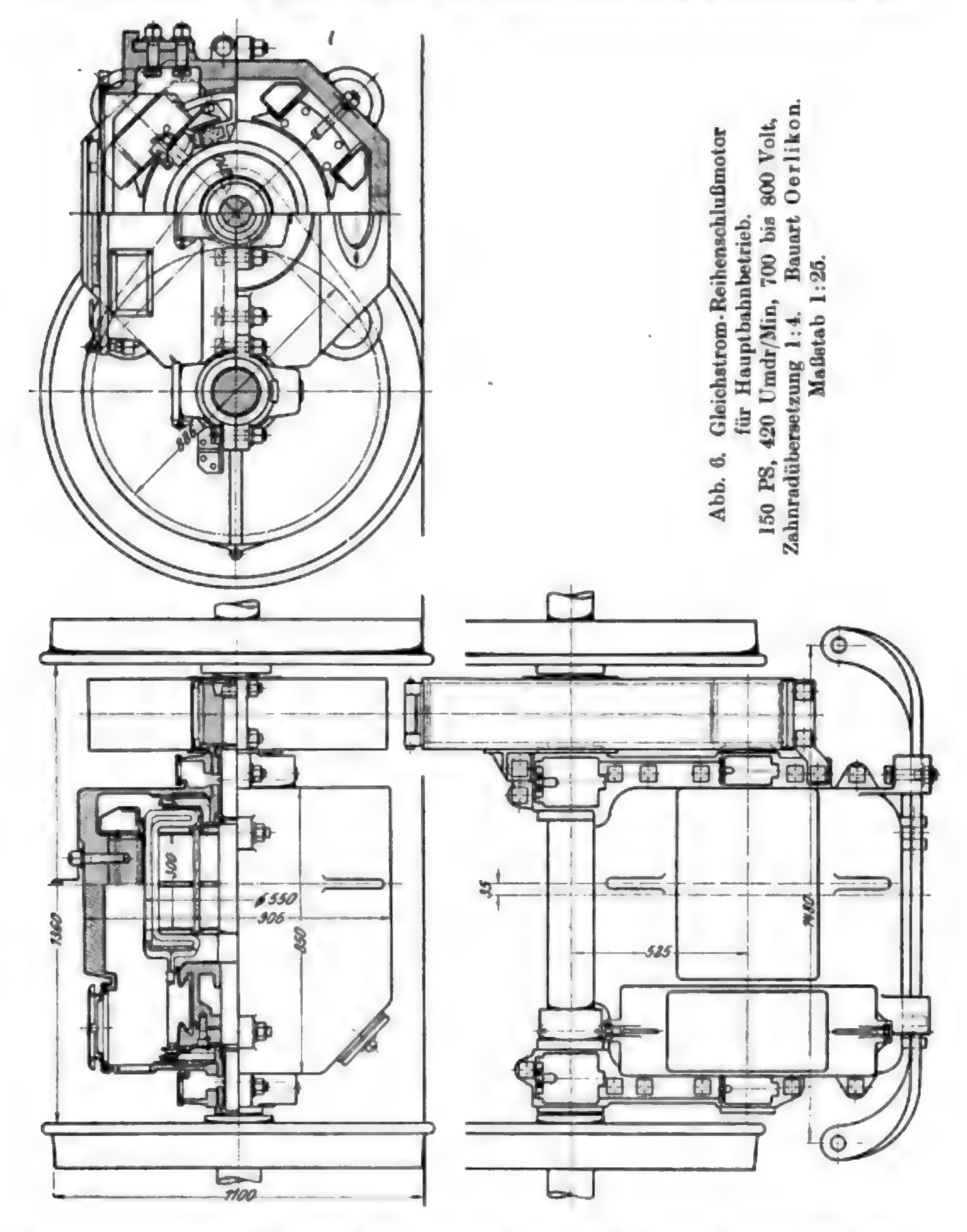


Abb. 6. Gleichstrom-Reihenschlußmotor für Hauptbahnbetrieb.
150 PS, 420 Umdr/Min, 700 bis 800 Volt, Zahnradübersetzung 1:4. Bauart Oerlikon.
Maßstab 1:25.

Stromverbrauchslinie nicht ohne weiteres getroffen werden darf. Die Beanspruchung der Motoren erreicht bei der Anfahrt im Stadtbahnbetriebe den 2,5 bis 3 fachen Wert dieser Nennleistung; bei Hauptbahnen wählt man zwar aus angegebenen Gründen geringere Beschleunigungen, doch bleiben auf den längeren Fahrstrecken die Motoren entsprechend länger unter Strom,

Digitized

sodaß ihre Erwärmung kaum geringer ausfällt. Darüber geben nur die Geschwindigkeits- und Stromverbrauchslinien Auskunft, die man deshalb nicht über eine etwa als „normal" herausgegriffene Einzelfahrstrecke, sondern über die ganze Linie von Haltestelle zu Haltestelle zu entwerfen hat. Abb. 6 stellt einen Gleichstrom-Reihenschlußmotor für Hauptbahnbetrieb von 150 PS Stundenleistung bei 420 Umdr/Min dar.

Die erhöhten Ansprüche an Bahnmotoren dieser Betriebe würden sich, wie Abb. 6 zeigt, durch weiteres Zusammendrängen der Bauart nicht erreichen lassen. Man ist deshalb dazu übergegangen, künstliche Kühlungen der Motoren anzuwenden, zu denen zunächst die sonst geschlossen gehaltenen Öffnungen des Motorgehäuses über den Schleifbürsten der Motoren benutzt wurden; das hat indes Verstaubung und Feuchtigkeit im Motorinnern zur

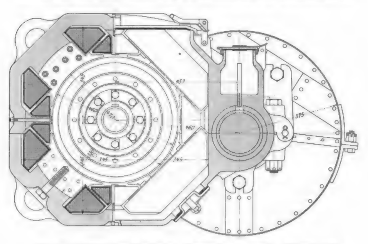


Abb. 7a. Bahnmotor mit Wendepolen. Siemens-Schuckertwerke. Maßstab 1:10.

Folge, Erscheinungen, die die Isolation verringern und Kurzschlüsse von stromführenden Teilen untereinander oder mit dem Motorgestell, also der Wagenachse und der Erde, vorbereiten. Andere Mittel, wie z. B. die Abführung der warmen Luft durch ein besonderes Rohr nach außen, haben sich gleichfalls nicht als anwendbar und ausreichend erwiesen, sodaß man schließlich Druckluft in den Motor leiten mußte, die, nicht etwa als Abluft der Druckluftbremse, sondern unmittelbar als Frischluft dem Druckluftbehälter oder einer besonderen Luftpumpenanlage entnommen werden muß. Es genügt ein Druck von etwa 100 mm Wassersäule. Diese künstliche Kühlung ist von ausgezeichnetem Erfolg und erhöht die Motorleistung um 30 bis 50%.

Eine weitere Vervollkommnung erfuhren (1903) die Gleichstrommotoren mit stetig höher gewählter Fahrdraht- oder Klemmenspannung durch Anwendung der sogenannten Wendepole, die sich bei den ortsfesten Motoren bereits gut bewährt hatten. Diese Wendepole stehen den Bürsten

Digitized by Google

(Abb. 7)[1]) gegenüber und erzeugen ein magnetisches Feld, welches die Stromwendung unter der Bürste in den durch sie kurz geschlossenen Ankerwindungen erleichtert, sodaß man in der sogenannten Wendespannung oder, was dasselbe bedeutet, in der dem Motor zugeführten Klemmenspannung erheblich höher gehen kann, ohne das Bürstenfeuer am

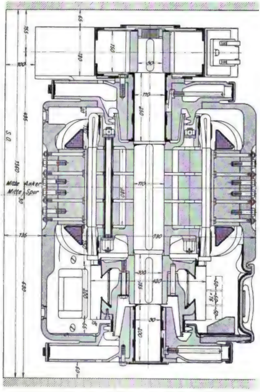


Abb. 7b. Bahnmotor mit Wendepolen.

Stromwender, das heißt die Temperatur und den Bestand des Stromwenders in unzulässiger Weise zu beeinflussen. Auf diese Weise hat man die bis dahin als Grenze geltende Fahrdraht- oder Klemmenspannung von 750 Volt auf 1500 und 2000 Volt erhöht. Abb. 7 stellt einen für 1000 Volt gebauten Eisenbahnmotor mit solchen Wendepolen dar.

[1]) ETZ 1906, S. 318.

Digitized by Google

Gleichstrommotoren mit Nebenschlußschaltung der Magnete kommen für Bahnbetrieb mit Fernübertragung des Stromes nicht in Betracht, weil die bei diesen Motoren fast unveränderliche Drehgeschwindigkeit und Feldstärke eine bedeutende Überlastung der Anker, Leitungen und Strom-

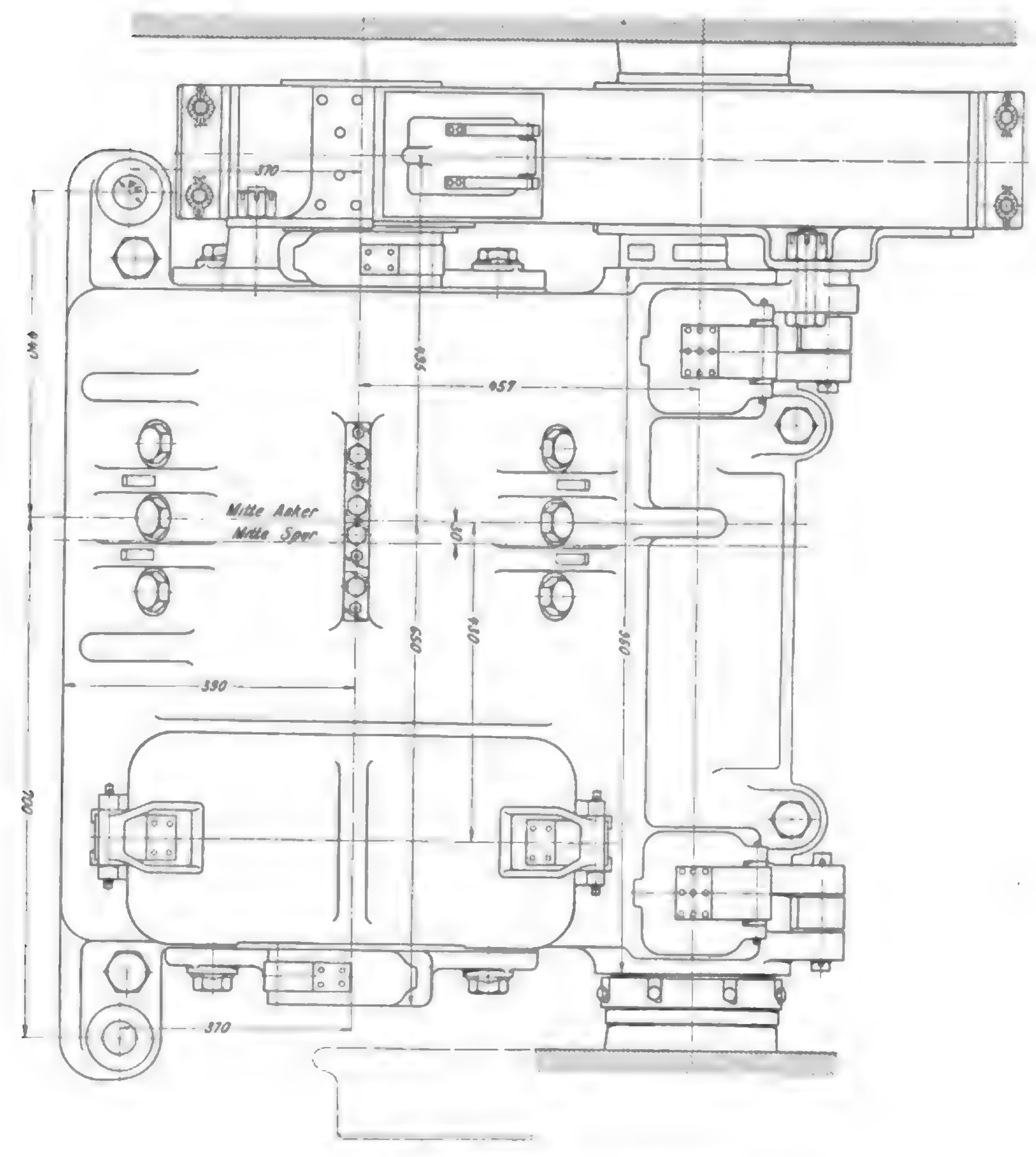


Abb. 7c. Bahnmotor mit Wendepolen.

erzeugungsanlage bei Anfahrten und der Fahrt in steilen Rampen zur Folge haben und weil geringe in der Ausführung kaum zu vermeidende Verschiedenheiten der Feldstärken der Motoren eines Zuges starke Ungleichheiten in der Belastungsverteilung auf die einzelnen Motoren verursachen. Selbst bei Triebwagen mit Speicherbetrieb (s. S. 450) können diese Nebenschlußmotoren wirkliche Vorteile nicht haben.

Digitized by Google

b) Wechselstrommotoren.

Obwohl nach vorstehendem Gleichstrommotoren bereits für Klemmenspannungen von 1500 und 2000 Volt ausgeführt wurden, findet der Wirkungsbereich der Gleichstrombahnen doch bald seine wirtschaftlichen Grenzen, über die hinaus die Leitungskosten unverhältnismäßig ansteigen. Außerdem bietet dann die Stromabnahme große Schwierigkeiten und lassen sich die in den Zügen unterzubringenden, elektrisch betätigten Nebeneinrichtungen kaum anders als durch besondere Stromerzeuger, in diesem Falle drehende Umformer oder kleine Speicherbatterien, betreiben.

Diese Umstände haben die Aufmerksamkeit seit langem auf die Verwendung des Wechselstroms zur Zugförderung bei großen Zuglasten und ausgedehnten Bahnnetzen gelenkt, da Wechselstrom sich in ruhenden Transformatoren billig auf beliebig hohe oder niedrige Spannung bringen läßt. Mangels geeigneter Antriebsmotoren hat man sich lange Zeit damit beholfen, wenigstens die Fernübertragung vom Kraftwerk zur Strecke mittels Wechselstromes, und zwar Drehstroms, zu bewirken, dann aber in Unterwerken den Strom mittels drehender Umformer in Gleichstrom umzuwandeln, der alsdann erst in die Fahrleitung geschickt wurde. Das hatte zwar gegenüber der reinen Gleichstrom-Kraftübertragung einen großen wirtschaftlichen Vorzug, doch bestand in den Umformerwerken immer noch eine Quelle von hohen Ausgaben und auch von Störungen mancherlei Art. Nebenher blieb die eigentliche Fahrleitung nach wie vor als Niederspannungsleitung mit großen Querschnitten und umständlicher Stromabnahme bestehen.

Um die letztgenannten Schwierigkeiten auch noch zu umgehen, leitete man dann später den dreiphasigen Wechselstrom (Drehstrom) nach Umwandlung seiner Fernübertragungs-Hochspannung in Spannungen von etwa 750 bis 3000 Volt mittels ruhender Strecken-Transformatoren in die Fahrleitung weiter und rüstete die Fahrzeuge dementsprechend mit Drehstrommotoren aus, für die man in den ortsfesten Motoren genügend Vorbilder besaß.

α) Drehstrommotoren.

Der Drehstrommotor unterscheidet sich vom Gleichstrommotor dadurch, daß das den Anker umgebende Magnetfeld nicht feststeht, sondern infolge der Phasenverschiebung der drei die aufeinander folgenden Pole speisenden Ströme umläuft. Infolgedessen braucht der Ankerstrom nicht mehr von außen zugeführt zu werden, sondern er wird nach dem Gesetze der elektromagnetischen Induktion (in einem quer zum Magnetfelde sich bewegenden Leiter wird eine elektromotorische Kraft, die Ursache des Stromes, induziert) vom Drehfelde in der Ankerwicklung unmittelbar erzeugt. Nach dem gleichen Gesetze wirkt der induzierte Strom der Bewegung entgegen und läuft deshalb sein Träger, der Ankerdraht, im Sinne des Drehfeldes mit, soviel hinter diesem aber zurückbleibend, daß die gegenseitige Bewegung genügt, die zum Drehmoment erforderliche Induktion im Ankerdrahte hervorzurufen. Man nennt diesen Unterschied in den Geschwindigkeiten des Drehfeldes und Ankers die Schlüpfung oder den Schlupf des Motors. Die Ankerwicklung besitzt einen nur geringen Leitungswiderstand, sodaß schon eine geringe elektromotorische Kraft, das heißt Schlüpfung genügt, den dem Drehmomente entsprechenden Ankerstrom hervorzurufen. Sie beläuft sich je nach der Bauart des

Motors und bei einem bestimmten Motor je nach der Größe des jeweils von ihm abgegebenen Drehmomentes auf 2% bis 8%. In der Gleichung Geschwindigkeit des Drehfeldes = Geschwindigkeit des Ankers + Schlüpfung ist erstere, weil vom Kraftwerk bestimmt, unveränderlich und da die Schlüpfung gering ist, ist die Geschwindigkeit des Ankers also praktisch unveränderlich. Drehstrommotoren sind also, zwar nicht in streng elektrischem Sinn aber doch vom Standpunkte des Eisenbahntechnikers genommen, Gleichlaufmotoren (Synchronmotoren) und eignen sich deshalb, wie schon oben von den Gleichstrom-Nebenschlußmotoren auseinandergesetzt, wenig zum Betriebe von Eisenbahnen mit stark wechselnden Belastungen, wie sie mit Ausnahme weniger Fälle in allen Betrieben vorkommen. Diese Verhältnisse lassen sich mit Rücksicht auf die schlechte Regelbarkeit der Drehgeschwindigkeit des Motors nicht bessern. Diese besteht in der unwirtschaftlichen Erhöhung des Ankerwiderstandes mittels Vorschaltwiderstände, in der Hintereinanderschaltung (Kaskadenschaltung) zweier Motoren, in der Veränderung der Polzahl eines Motors. Eine weitere nachteilige Eigenschaft des Drehstrommotors besteht in dem zugunsten des Leistungsfaktors ($\cos \varphi$), das heißt der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, sehr klein (1·5 bis 2·5 mm) zu haltenden Luftraumes zwischen Anker und Magnetgehäuse.

Berücksichtigt man hierbei noch weiter, daß die Stromzuführung des Drehstromes bei Benutzung des Gleises zwei voneinander gut isolierte Luftleitungen verlangt, so ist es begreiflich, daß der Drehstrommotor bisher eine nur mäßige Anwendung im Eisenbahnbetriebe fand, die kaum durch seine sonst einfache Bauart, vielmehr nur dadurch gerechtfertigt werden kann, daß bisher brauchbare andere Wechselstrommotoren nicht vorhanden waren. Während nun trotzdem von einigen Seiten mit dem Drehstrom weitere Versuche angestellt wurden, war gleichzeitig von anderer Seite die schon vor mehreren Jahren, allerdings vergeblich, in Angriff genommene Aufgabe, brauchbare Einphasen-Wechselstrommotoren zu bauen, wieder aufgenommen und so gefördert worden, daß schon Ende 1902 bis Anfang 1903 solche Motoren vorlagen. Der Erfolg und die offenbaren Vorteile der Verwendung dieser Motoren riefen bald vielerlei ähnliche Entwürfe hervor. Von der großen Anzahl der heute bestehenden Ausführungsformen haben zur praktischen Zugförderung hauptsächlich die beiden im folgenden näher angeführten Motorarten Eingang gefunden.

β) Der Wechselstrom-Reihenschluß-Stromwender-Motor.

Da der Gleichstrom-Reihenschlußmotor bei der Umkehr des Stromes an den Motorklemmen seine Drehrichtung beibehält, mußte seine Speisung mit einphasigem Wechselstrom grundsätzlich möglich sein. Dabei treten jedoch einige Erscheinungen ein, die dem Gleichstrommotor fehlen. Vor allem muß das Magneteisen zur Verringerung der Wirbelströme, die ein pulsierendes Feld im vollen Eisen hervorruft, geblättert sein. Das hat auch eine Änderung im mechanischen Aufbau des Magnetgehäuses des Motors zur Folge. Sodann ist die durch die Selbstinduktion der Motorwicklungen entstehende Phasenverschiebung des Stromes gegen die aufgedrückte Spannung und die dadurch verursachte Verringerung des Leistungsfaktors ($\cos \varphi$) möglichst einzuschränken. Das geschieht dadurch, daß man die diese Wirkungen ausübenden magnetischen Felder so stark wie möglich herab-

drückt. Das Anker-Querfeld, hervorgerufen durch die Ankerwicklung, kann durch eine ihr gegenüberstehende Wicklung im Magnetgehäuse des Motors, die sogenannte Kompensationsspule (Abb. 8), vollständig aufgehoben werden. Das Motorfeld Φ indessen muß zum Zustandekommen eines Drehmomentes M_d der Motorzugkraft bestehen bleiben, es läßt sich aber unter gleichzeitiger Erhöhung des Ankerstromes i gemäß der Gleichung

$$M_d = C\,i\,\Phi,$$

in der C einen Festwert bedeutet, niedrig halten. Während das Verhältnis $\frac{\text{Motorfeld}}{\text{Ankerfeld}}$ bei Gleichstrommotoren zwecks Verringerung des Bürstenfeuers am Stromwender zwischen den Werten 3 bis 5 liegt, bemißt man es bei Einphasen-Wechselstrommotoren nur zu $^1/_2$ bis 1.

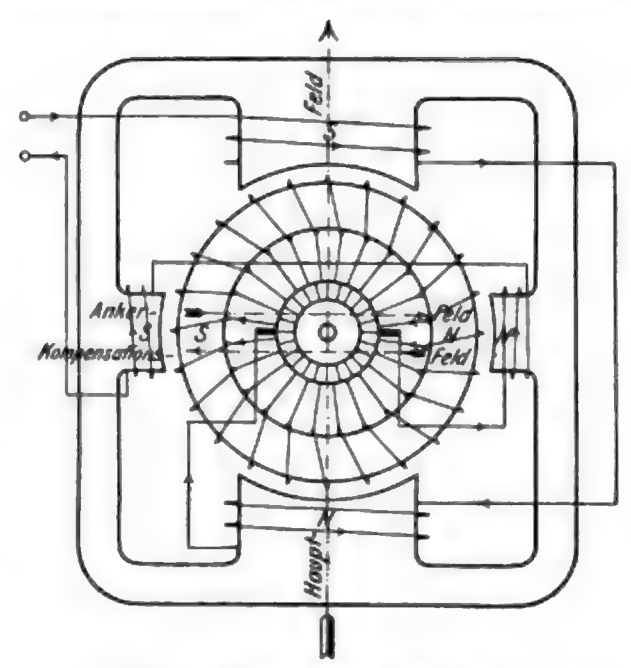


Abb. 8. Schematische Darstellung der Ankerkompensation.

Da sich die dem Motor aufgedrückte Klemmenspannung e aus dem Ohmschen Spannungsverlust iw (Gl. 2), der elektromotorischen Gegenkraft E und der elektromotorischen Kraft der Selbstinduktion nach Abb. 9

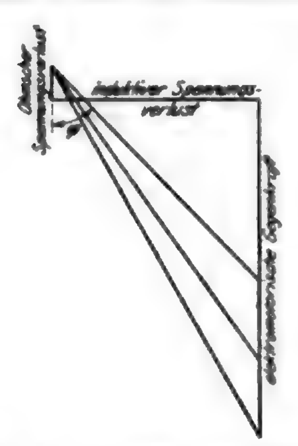


Abb. 9. Diagramm des Wechselstrom-Reihenschlußmotors mit Stromwender.

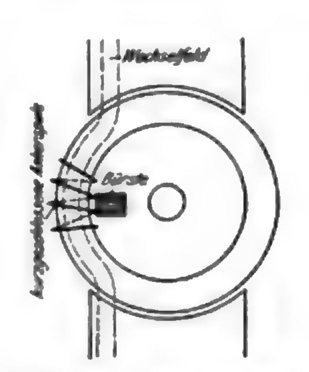


Abb. 10a. Entstehung der EMK in der kurzgeschlossenen Ankergrube unter der Bürste.

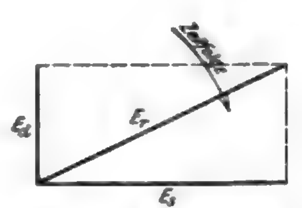


Abb. 10b. Zusammensetzung der EMKe der Kurzschlußspule.

zusammensetzt, nimmt ihre Phasenverschiebung φ gegen die Stromstärke i mit zunehmendem E ab. Gemäß Gl. 3 wird also der Motor bei hohen Drehzahlen mit besserem Leistungsfaktor ($\cos\varphi$) arbeiten als bei niedrigen Drehzahlen.

Eine weitere Eigentümlichkeit und Schwierigkeit boten die Wechselstrommotoren mit Stromwender an den Bürsten des Stromwenders. Wie aus Abb. 10a hervorgeht, werden die von diesen Bürsten kurzgeschlossenen

Ankerspulen von dem pulsierenden Motorfeld durchsetzt, das in ihnen eine elektromotorische Kraft und infolge des geringen Widerstandes der Spule einen starken Kurzschlußstrom hervorruft. Läßt man diese Kurzschlußspule ein geeignetes Magnetfeld durchschneiden, so kann in ihr eine dieser EMK entgegengesetzt gerichtete und sie aufhebende EMK erzeugt werden. Da aber der Kurzschlußstrom schon am stillstehenden Motor, also beim Anlauf, auftritt, läßt er sich hierbei nur dämpfen, nicht aber ganz aufheben. Die Mittel hierzu bestehen in der Wahl einer niedrigen Periodenzahl des Wechselstromes (15 bis 25 gegen 50 in gewöhnlichen Wechselstromanlagen) und eines schwachen Motorfeldes, wodurch gleichzeitig auch die Selbstinduktion des Motors herabgedrückt wird, in einer feinen Unterteilung der Ankerwicklung, sodaß die Kurzschlußspule nur sehr wenig Windungen erhält, und in dem Einbau von elektrischen Widerständen in den Kurzschluß-Stromkreis, und zwar an den Übergangsstellen von der Ankerwicklung zum Stromwender. Dieser künstliche Widerstand kann nach Richter (Siemens Schuckertwerke) als wirksamer Ankerdraht in den Ankernuten untergebracht werden.

Da die unter den Bürsten des Stromwenders erfolgende Stromwendung wie bei gewöhnlichen Gleichstrommotoren auch eine EMK, die sogenannte Wendespannung, hervorruft, welcher wie bei den letztgenannten Motoren sogenannte Wendepole entgegenwirken können, so vereinigt man bei den Wechselstrom-Reihenschlußmotoren dieses Wendefeld mit dem oben erwähnten Querfelde, das die Kurzschlußspule zur Aufhebung der vom pulsierenden Hauptfelde herrührenden EMK durchschneiden muß. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die letztere um 90° hinter dem Motorstrome verschoben ist, während die Wendespannung mit ihm in Phase steht, beide EMKe also um 90° gegeneinander verschoben sind. Das vereinigte Hilfsquerfeld muß demnach der Phase und Größe der nach Abb. 10b zusammengesetzten EMKe entsprechen. Das kann mit verschiedenen Hilfsmitteln erreicht werden, die von der Maschinenfabrik Oerlikon und den Siemens-Schuckertwerken, welche beide diese Art Motoren ausführen, angegeben wurden. Die letztgenannte Bauanstalt wendet die in Abb. 11 dargestellte gemischte (Compound-)Wicklung an, bei der die vom Hauptstrome durchflossene Spule H der Wendespannung und die im Nebenschluß zu diesem liegende Spule N der vom Wechselfelde herrührenden EMK entgegenwirkt; das Ankerfeld wird durch die Wicklung K auch bei diesem Motor kompensiert. Abb. 12 stellt den von den Siemens-Schuckertwerken für die Einphasen-Wechselstrombahn Hamburg-Altona gelieferten Reihenschlußmotor dar. Derselbe leistet bei der regelgemäßen Fahrgeschwindigkeit 125 PS.

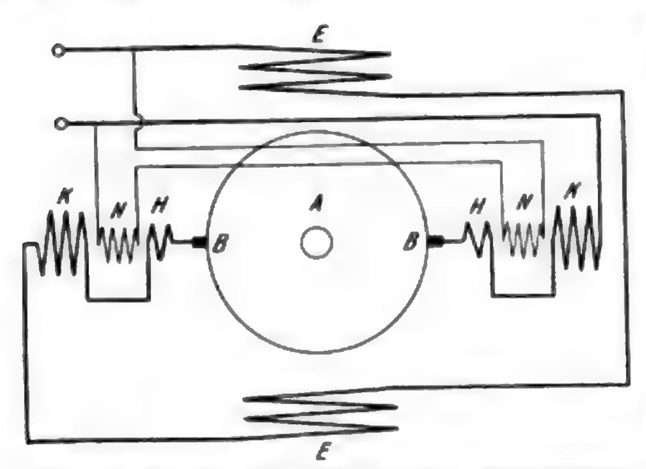


Abb. 11. Schaltung des Wechselstrom-Reihenschlußmotors der Siemens-Schuckertwerke.

Die Westinghouse-Gesellschaft, deren Ingenieur Lamme die

Digitized by Google

Frage der Einphasen-Wechselstrom-Stromwender-Motoren zuerst in Fluß brachte (Sept. 1902), wenden lediglich die das Ankerquerfeld aufhebende Kompensationswicklung und die erwähnten zusätzlichen Widerstände zwischen Ankerwicklung und Stromwender an.

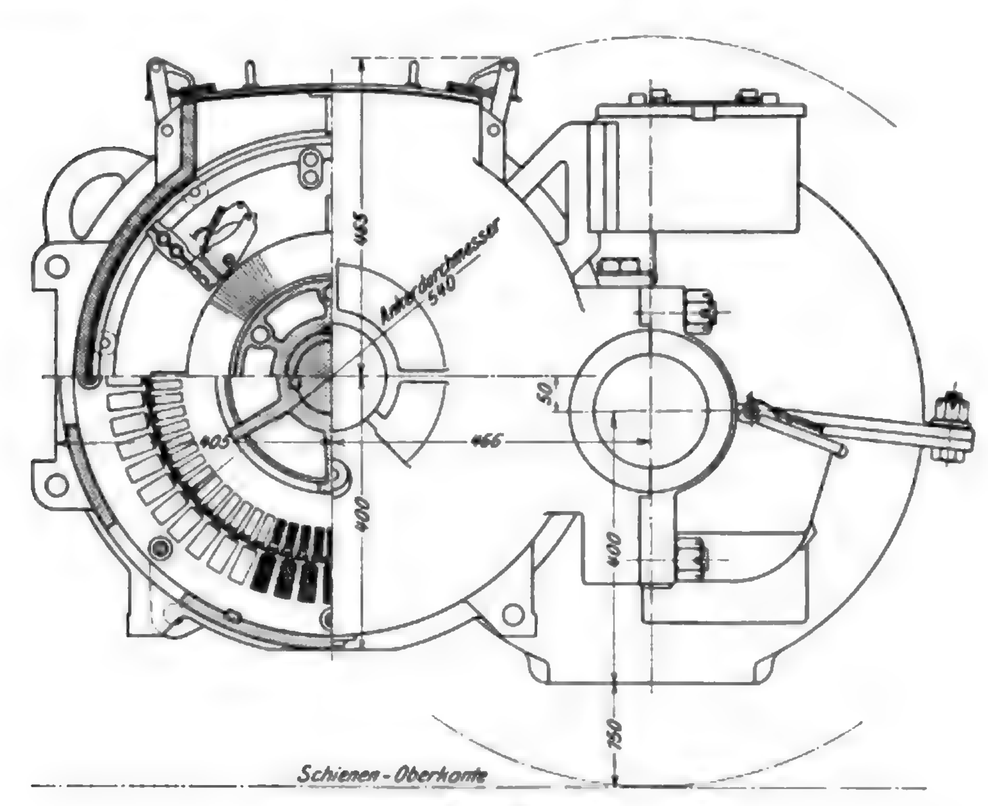


Abb. 12a.

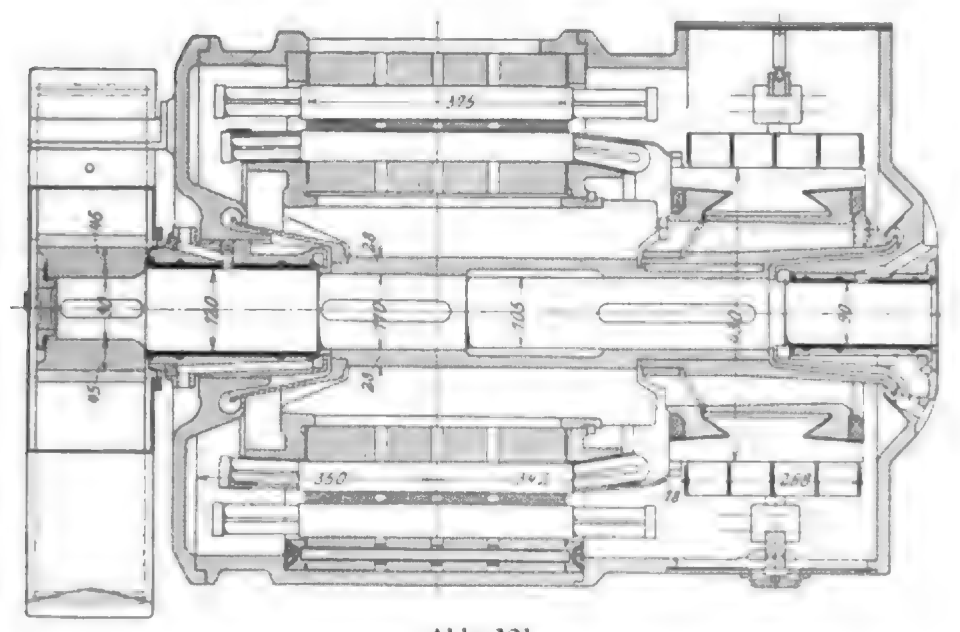


Abb. 12b.

Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotor der Siemens-Schuckertwerke.

γ) Der kompensierte Repulsionsmotor.

Die zweite Art der Wechselstrommotoren mit Stromwender wird durch den **kompensierten Repulsionsmotor** vertreten, der von den Ingenieuren **Latour** sowie **Winter** und **Eichberg** im Jahre 1903 auf den Markt gebracht wurde. Die elektrische Schaltung desselben ist in Abb. 13 dargestellt. Darin bedeuten Φ das Hauptfeld, welches in der Ankerwicklung zwischen den beiden in seiner Achse stehenden und miteinander verbundenen Bürsten wie in einem Wechselstromtransformator den Arbeitsstrom erzeugt, Φ_1 das von derselben Ankerwicklung mittels der in seiner Achse stehenden Erregerbürsten hervorgerufene Arbeits-Magnetfeld, welches mit den erwähnten Ankerströmen das Drehmoment des Motors erzeugt, J den sogenannten Erregertransformator, der eine Regelung des wirksamen Magnetfeldes Φ_1 ermöglicht.

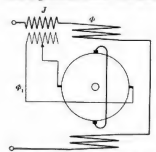


Abb. 13. Schaltung des kompensierten Repulsionsmotors von Eichberg und Winter (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft).

Die auch bei diesem Motor auftretenden schädlichen EMKe der Selbstinduktion werden in folgender Weise aufgehoben. Zunächst entsteht eine solche zwischen den Bürsten der Erregerwicklung des Ankers, die sich

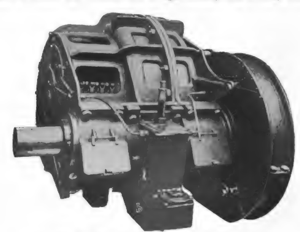


Abb. 14. Lokomotivmotor von Eichberg und Winter.
(Ausgeführt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin.)

beim stillstehenden oder anlaufenden Motor allerdings frei entwickeln und eine entsprechende Verringerung des Leistungsfaktors des Motors hervorrufen kann, im Laufe aber durch eine zwischen denselben Bürsten

Digitized by Google

infolge der Bewegung der Ankerwicklung im Felde Φ entstehende EMK aufgehoben wird.

Sodann wird die in den von den Bürsten des Feldes Φ kurzgeschlossenen Ankerspulen vom Felde Φ_1 statisch erzeugte EMK am laufenden Motor durch eine in denselben Spulen infolge ihrer Bewegung im Felde Φ dynamisch erzeugte EMK aufgehoben.

Die Kompensierung der Phasenverschiebung erfolgt vollkommen bei einer Umdrehungszahl, bei der die Periodenzahl dieser EMK derjenigen des dem Motor zugeführten Stromes ungefähr gleich ist, das heißt beim sogenannten Synchronismus. Der Motor arbeitet hierbei also annähernd ohne Phasenverschiebung, das heißt mit dem Leistungsfaktor 1.

Diese Motoren wurden unter anderem auf der Strecke Niederschöneweide—Spindlersfeld bei Berlin im Dauerbetrieb erprobt und fanden auch bei der Vorortbahn Blankenese—Altona—Hamburg—Ohlsdorf Verwendung. In Abb. 14[1]) ist ein solcher von 350 PS und 400 Umdr/Min dargestellt, der in eine Güterzuglokomotive eingebaut worden ist.

5. Regelungen, Zugsteuerungen.

a) Wirkungsweise der Motorregelung, gewöhnliche Fahrschalter.

Die den Regelungen der Gleichstrom-Reihenschlußmotoren zugrunde liegenden Gleichungen sind (siehe Gl. 2 und 3, S. 370)

$$e = iw + E$$

$$\text{und } E = C\Phi n$$

worin e die Klemmenspannung,
i die Stromstärke,
w den Widerstand des Motors,
E die elektromotorische Gegenkraft, das heißt die EMK, welche in der Ankerwicklung bei ihrer Bewegung im Magnetfelde des Motors entsteht,
Φ die Stärke des Magnetfeldes,
n die Drehzahl des Motors,
C einen Festwert bedeuten.

Man ersieht aus den Gleichungen folgendes:

1. Erhöht man die dem Motor zugeführte Spannung e, so wird bei annähernd gleichbleibender Zugkraft (i annähernd unverändert) E größer und, da sich das Feld Φ mit i gleichfalls nicht ändert, n zunehmen. Die Drehzahl steht also in geradem Verhältnis zur Klemmenspannung des Motors.
2. Ändert man bei gleichbleibender Klemmenspannung e und Belastung i den Widerstand w des Motorstromkreises z. B. mittels eines Vorschaltwiderstandes, so muß sich E und demnach auch n im umgekehrten Sinne ändern. Die Drehzahl des Motors steht also in umgekehrtem Verhältnis zum Widerstand des Motorstromkreises.
3. Läßt man die Klemmenspannung, die Belastung und den Widerstand des Motors, also die erste Gleichung ungeändert, so kann E seinen Wert durch gleichzeitige aber im umgekehrten Sinne erfolgende Änderung von n und Φ erhalten, das heißt eine Erhöhung

[1]) ETZ 1907, S. 131.

der Stärke des Magnetfeldes hat eine Verringerung der Drehzahl des Motors zur Folge und umgekehrt. Dies ist die Magnetregelung des Motors.

Die Regelung 3 kann, ohne die Bauart des Motors ungünstig zu beeinflussen, nur zu einer mäßigen Erhöhung der Drehzahl Verwendung finden und wird auch nur in diesem Sinne hier und da benutzt. Gewöhnlich regelt man die Motoren nach 1 und 2, was beides auf die Änderung der Klemmenspannung des Motors mittels eines Vorschaltwiderstandes hinausläuft. Bei zwei oder mehr Motoren im Fahrzeuge schaltet man die Motoren bei der Anfahrt hintereinander, darauf nebeneinander (Reihen-Parallel-Regelung), so daß beispielsweise bei zwei Motoren im Fahrzeuge die Spannung sich bei Hintereinanderschaltung auf zwei Motoren verteilt, diese also annähernd mit der halben Geschwindigkeit laufen. Schaltet man die Motoren später nebeneinander, so erhält jeder die volle Spannung und läuft mit voller Geschwindigkeit. Zwischen- und Übergangsstufen sind mit Vorschaltwiderständen zu schalten. Dies ist die heute bei Gleichstrom-Reihenschlußmotoren allgemein gebräuchliche Regelung.

Bei vier Motoren im Fahrzeuge schaltet man je zwei zu einer Gruppe hintereinander und die beiden Gruppen dann in Reihenparallelschaltung.

Bei Einphasenwechselstrom-Motoren mit Stromwendern erfolgt das Anlassen und die Regelung wie bei den Gleichstrommotoren entweder durch die Änderung der Klemmenspannung oder der Stärke des Magnetfeldes des Motors. Beides kann in einfachster Weise durch Unterteilung der sekundären Wicklung eines Transformators bewirkt werden. Als höchste Spannung kommen heute bei den Wicklungen der Anker 500 bis 300 Volt in Betracht. Da man anderseits trachten muß, den Fahrdraht mit hoher Spannung zu speisen, und zwar hat man bei den ausgeführten Bahnen 10000 bis 3000 Volt angewandt, so ist im Fahrzeug ein Transformator mitzuführen, der diese Spannungsverminderung besorgt. Bei den Reihenschlußmotoren überwiegt, wie oben angegeben, die Ankerwicklung, sodaß man aus Zweckmäßigkeitsgründen den Strom des Magnetfeldes ebenfalls auf niedrige Spannung bringt. Der Transformator ist also dann für die ganze Motorleistung zu bemessen.

Bei den kompensierten Repulsionsmotoren dagegen könnte man sich damit begnügen, nur die, eine große Arbeit nicht aufnehmende, Erregerwicklung mit Niederspannung zu speisen, und die zur Erzeugung des wirksamen Ankerstromes dienende äußere Magnetwicklung unmittelbar an Hochspannung legen (Abb. 13). Doch hat sich auch bei diesen Motoren die Regelung des letztgenannten Magnetfeldes als erforderlich erwiesen, so daß auch hier ein Transformator vor den ganzen Motorstromkreis zu legen ist.

Die einfachste Art der Schaltung zur Vornahme der einen oder andern der vorgenannten Regelungen wäre nun diejenige, daß man die zu den Motoren, Widerständen oder zum Transformator führenden Leitungen an eine Reihe von Kontakten heranführte und letztere wie bei gewöhnlichen Straßenbahnreglern durch einen entsprechend ausgeschnittenen ebenen oder zylindrischen Metallbelag untereinander in der jeweils gewünschten Weise verbände. Derartige Fahrschalter wären indes wohl bei einem einzelnen Fahrzeuge mit mäßig großen Motoren ausführbar, nicht aber bei einer

größeren Anzahl starker Motoren, zumal wenn diese sich auf mehrere Triebwagen eines Zuges verteilen. Dann würde der Fahrschalter entweder eine sehr schwerfällige Form erhalten und schwierig zu handhaben sein, oder, im letztgenannten Fall, die gemeinsame gleichmäßige Bewegung aller Schalter eines Zuges nur mit großem Aufwand von Hilfsmitteln seitens der einzelnen Wagenführer angestrebt werden können. Die Schaltung der sämtlichen Motoren eines Zuges durch einen einzigen Fahrschalter dieser Art würde aber bedingen, die sämtlichen Leitungen zu diesem Fahrschalter zu führen und sie sowie jeden der letzteren selbst für die ganze Zugleistung zu bemessen. Die letztere wäre also hiermit von vornherein begrenzt.

Diese Regelungen sind deshalb für Züge unbrauchbar, man hat sie durch die sogenannten Zugsteuerungen ersetzt.

b) Zugsteuerungen.

Bei den Zugsteuerungen bildet jeder Triebwagen eine selbständige Einheit für sich, er besitzt seine Motoren, seinen Fahrtrichtungsschalter und Fahrschalter; sämtliche Teile entsprechen in der Größe einander. Anstatt nun die Fahrschalter an eine durch den Zug laufende Welle zu kuppeln und durch deren Drehung zu bewegen, eine Bauart, die ehemals tatsächlich ausgeführt wurde, ordnete Sprague, 1897, an jedem Fahrschalter einen kleinen Motor an und konnte nun diese Hilfsmotoren mittels durchgehender, schwacher Leitungen von jedem Punkte des Zuges aus in

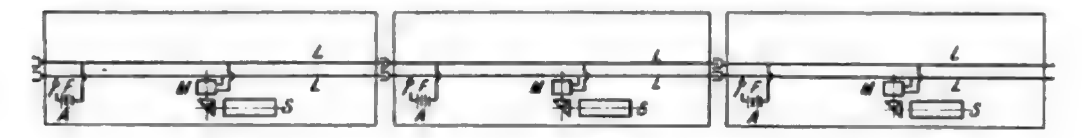


Abb. 15. Erste Zugsteuerung von Sprague.

Bewegung setzen (Abb. 15). Durch eine sinnreiche Einrichtung brachte Sprague den Antrieb der Fahrschalter in Abhängigkeit von der Stromstärke der Hauptmotoren, so zwar, daß die Fahrschalter bei abfallender Stromstärke selbsttätig von Stufe zu Stufe gedreht wurden, also auf eine bestimmte Beschleunigung eingestellt werden konnten.

Dem Vorgange Spragues, der mit seiner Zugsteuerung mehrere Bahnen ausrüstete, folgten andere Bauanstalten, indem sie verschiedene Triebmittel zur Drehung der Wagenschalter verwendeten, z. B. die Westinghouse-Gesellschaft einen Druckluftzylinder und Kolben mit Schubwerk und die Siemens & Halske A.-G. einen Druckluftdoppelzylinder und Zahnstange, doch erwiesen sich alle diese Ausführungen gleichwie die Spraguesche selbst als ungeeignet. Hauptsächlich war es der ungleichmäßige Fortschub der an und für sich immer noch recht schwerfälligen Schalter in den einzelnen Wagen, der z. B. bei der Druckluftzugsteuerung der Hoch- und Untergrundbahn Berlin Unterschiede von mehreren Schaltstufen zwischen den Triebwagen ein und desselben Zuges ausmachte.

In dieselbe Klasse von Zugsteuerungen fallen diejenigen mit ständigem Antrieb der Schaltwalze und stufenweiser Hemmung oder Enthemmung durch Druckluft oder Elektromagnete (Short [1902], Zehme [1902],

Petersen [1904]). Wenn diese Vorrichtungen auch mit verhältnismäßig einfachen Mitteln eine völlig gleichmäßige Drehung der sämtlichen Fahrschalter der Zuges ermöglichen, so haften doch auch ihnen die Mängel aller Schaltungen dieser Klasse an.

Diese Unvollkommenheiten führten dazu, einem von Elihu Thomson im Jahre 1898 ausgearbeiteten Vorschlag näherzutreten. Derselbe verwirft den Hauptfahrschalter und ersetzt ihn (Abb. 16) durch eine Reihe von Einzelschaltern E, E^a, E^b..., welche die von jenem besorgte Verbindung der zu den Motoren M, M^1..., Widerständen R, R^1... führenden Leitungen übernahmen. Diese Einzelschalter, die in jedem Triebwagen den Motoren usw. beigesellt werden, werden mittels der durchgehenden Hilfsleitungen 2, 4, 6, 8.... durch Elektromagnete geschlossen. In Abb. 16 haben die Schalter die Form von festen Kontakten E, E^a,

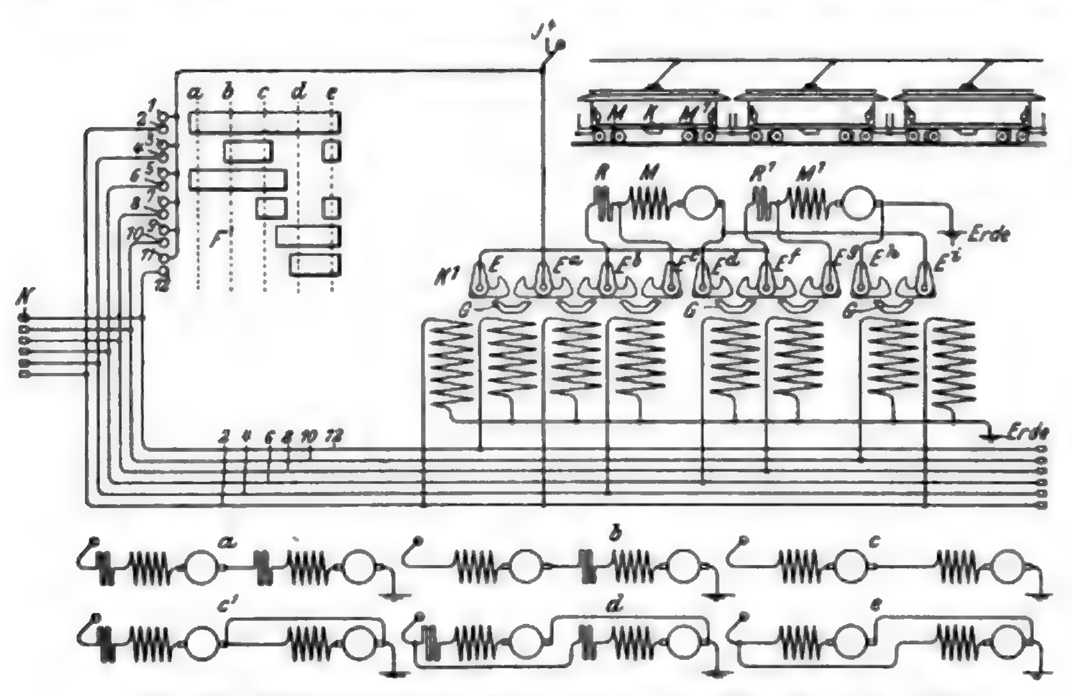


Abb. 16. Elektromagnetische Zugsteuerung von Elihu Thomson (1898).

E^b..., zu denen die Motor-, Widerstands- usw. Leitungen herangeführt werden, und an die sich die beweglichen Ankerkerne mit ihren Stromschlußstücken G, G... anlegen. Diese Ankerkerne tauchen als Solenoidanker in die erwähnten Magnetspulen hinein. Die Erregung der Hilfsleitungen erfolgt im Nebenschluß vom Stromabnehmer J^1 des Wagens aus und wird mittels des Führerschalters F in der Weise geregelt, daß in jeder Fahrstellung a, b, c, d.... diejenigen Einzelschalter in Tätigkeit treten, die der gewünschten Schaltung der Motoren untereinander und mit ihren Widerständen usw. entsprechen. Diese Stromläufe lassen sich in Abb. 16 in der Weise leicht verfolgen, daß man die Schaltwalze des Führerschalters nach und nach unter die Kontaktreihe 1, 2, 3, 4... dreht.

Diese Zugsteuerung war grundlegend für alle heute bestehenden Bauarten.

Man unterscheidet heute folgende Zugsteuerungen:

Zugsteuerung mit elektromagnetischen Schaltern. Dadurch,

Digitized by Google

daß man von der alten, oben erwähnten Spragueschen Schaltung die selbsttätige, dem Abfalle der Stromstärke folgende Fortschaltung von Stufe zu Stufe auf die Thomsonsche Schaltung übertrug, entstand die

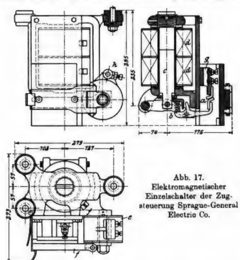


Abb. 17. Elektromagnetischer Einzelschalter der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

heutige Zugsteuerung des Namens Sprague-General Electric Co. oder Sprague-Thomson-Houston.[1]) Sie erfuhr in der Übergangszeit bis zur Gegenwart naturgemäß eine gründliche Durchbildung und wird in der heutigen Ausführung durch Abb. 17 bis 22[2]) dargestellt. Abb. 17 zeigt einen magnetischen Einzelschalter. Darin bedeuten *a* die Stromschlußstelle, *b* den zweiteiligen Schalterhebel, der durch den Solenoidkern *c* in die Magnetspulen *d* hineingezogen wird, *e* die Magnetspule des den Ausschaltlichtbogen auslöschenden Blasmagneten, dessen Hufeisen durch die mit Glimmer- und Asbestplatten bekleideten eisernen Platten *f*, *f* ge-

Abb. 18. Gruppe von fünf elektromagnetischen Einzelschaltern für die Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

[1]) Aus der ehemaligen Thomson-Houston Co. ging die General Electric Co. in den V. St. von Amerika hervor.

[2]) ETZ 1905, S. 728 u. 729.

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

bildet wird, *g* und *h* den Stromein- und -austritt. Abb. 18 zeigt fünf dieser Einzelschalter zu einer Gruppe vereinigt und in einen eisernen Schutzkasten eingebaut.

In Abb. 19 ist der Fahrtwender dieser Zugsteuerung dargestellt. Er besteht aus einer zweiarmigen Schwinge, deren Enden die vor ihnen reihenweise angeordneten Kontakte derart verbinden, daß die zur Umkehrung der Fahrtrichtung erforderliche Umschaltung der Ankerbürsten erfolgt. Auch dieser Schwingenhebel wird durch einen Magneten mittels eines vom Führerschalter gesteuerten Hilfsstromes bewegt.

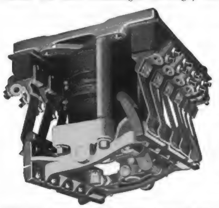


Abb. 19. Fahrtwender der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

Abb. 20 stellt den Vorschaltwiderstand dar, der bei Speisung der Schaltermagnete mittels Bahnstromes zur Verringerung der Spannung notwendig wird.

Abb. 21 zeigt den Führerschalter dieser Schaltung und Abb. 22 den Einbau der sämtlichen Apparate unter dem Fußboden des Triebwagens der Untergrundbahn zu New York. In Abb. 23 endlich wird die ganze Schaltung dieses Triebwagens mit der hier besprochenen Zugsteuerung der Bauart Sprague-General Electric Co. wiedergegeben.

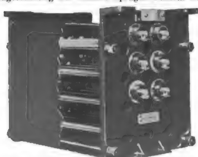


Abb. 20. Vorschaltwiderstand für die Einzelschalter der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

Der Hilfsstrom zur Erregung der Magnete kann entweder der Hauptleitung entnommen werden, wobei, wie schon angedeutet, seine Spannung durch besondere Vorschaltwiderstände stark vermindert werden muß, da sich die Magnetspulen der Einzelschalter nicht gut für Spannungen von 500 Volt und darüber wickeln lassen; oder es kann die Fahrdrahtspannung mittels eines aus Motor und Dynamo zusammengesetzten Umformers in Niederspannung umgewandelt werden, was zwar eine Vermehrung der einer besonderen Wartung bedürfenden Teile bedeutet, immerhin aber der Mitnahme einer besonderen Sammlerbatterie

Digitized by Google

vorgezogen wird, wie solche bei einigen Zugsteuerungen vorübergehend Anwendung gefunden haben.

Die Leitungen, welche den Hilfsstrom führen, laufen durch den ganzen Zug. Werden auch Anhängewagen eingestellt, so sind sie gleichfalls mit diesen Hilfsleitungen zu versehen. Die Verbindung der Leitungen von Wagen zu Wagen erfolgt mit Steckkuppelungen (Abb. 24).

Die gleiche Zugsteuerung wird auch von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin ausgeführt, doch ohne die Spraguesche

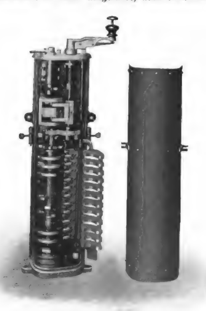


Abb. 21. Führerschalter der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

selbstätig wirkende Anordnung, für die vielmehr hier nur eine Vorrichtung vorhanden ist, die den Wagenführer hindert, die Schaltkurbel auf die nächstfolgende Stufe zu drehen, ehe der Strom infolge der Beschleunigung der Motordrehung um ein bestimmtes, übrigens einstellbares Maß gesunken ist. Die Beschleunigung ist also an bestimmte Grenzen gebunden, was für den Betrieb vollkommen genügt.

Eine weitere Eigentümlichkeit besteht bei dieser Zugsteuerung darin, daß die magnetische Erregung der Einzelschalter von dem vorlaufenden Schlusse eines kleinen Hauptschalters im Hilfsstromkreise abhängig gemacht wird. Dadurch, daß dieser Schalter im Handgriff des Führerschalters angeordnet ist (siehe Abb. 21) und vom Führer ständig niedergedrückt werden muß, werden bei einem dem Führer etwa zustoßenden

Digitized by Google

Unfall die Motoren durch Herunterfallen der Schalthebel der Einzelschalter augenblicklich stromlos.

Die Arbeitsstromstärke dieser Zugsteuerung beträgt für eine Ausrüstung mit 2 Motoren von je 160 PS oder 4 Motoren von je 80 PS etwa 2·5 Amp. Das Gesamtgewicht der Steuerungsteile für dieselbe Aus-

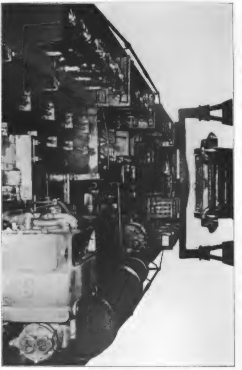


Abb. 22. Einbau der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co. unter einem Wagen der Stadtbahn in New York.

rüstung beläuft sich auf etwa 900 kg. Die Ausrüstung eines Anhängewagens besteht aus dem Steuerkabel mit den beiden Verbindungsbrettern und den Kuppelungen und wiegt rund 90 kg.

Die Zugsteuerung der Siemens-Schuckertwerke arbeitet in ihrer neuesten Ausführung gleichfalls mit elektromagnetischen Schaltern. Abb. 25 stellt den Schaltungsplan der Züge der Hoch- und Untergrundbahn Berlin dar. In Abb. 26 ist die Zugsteuerung dieser Bauanstalt für die Triebwagen der Vorortbahn Blankenese—Altona—Hamburg—Ohlsdorf veranschaulicht.

Digitized by Google

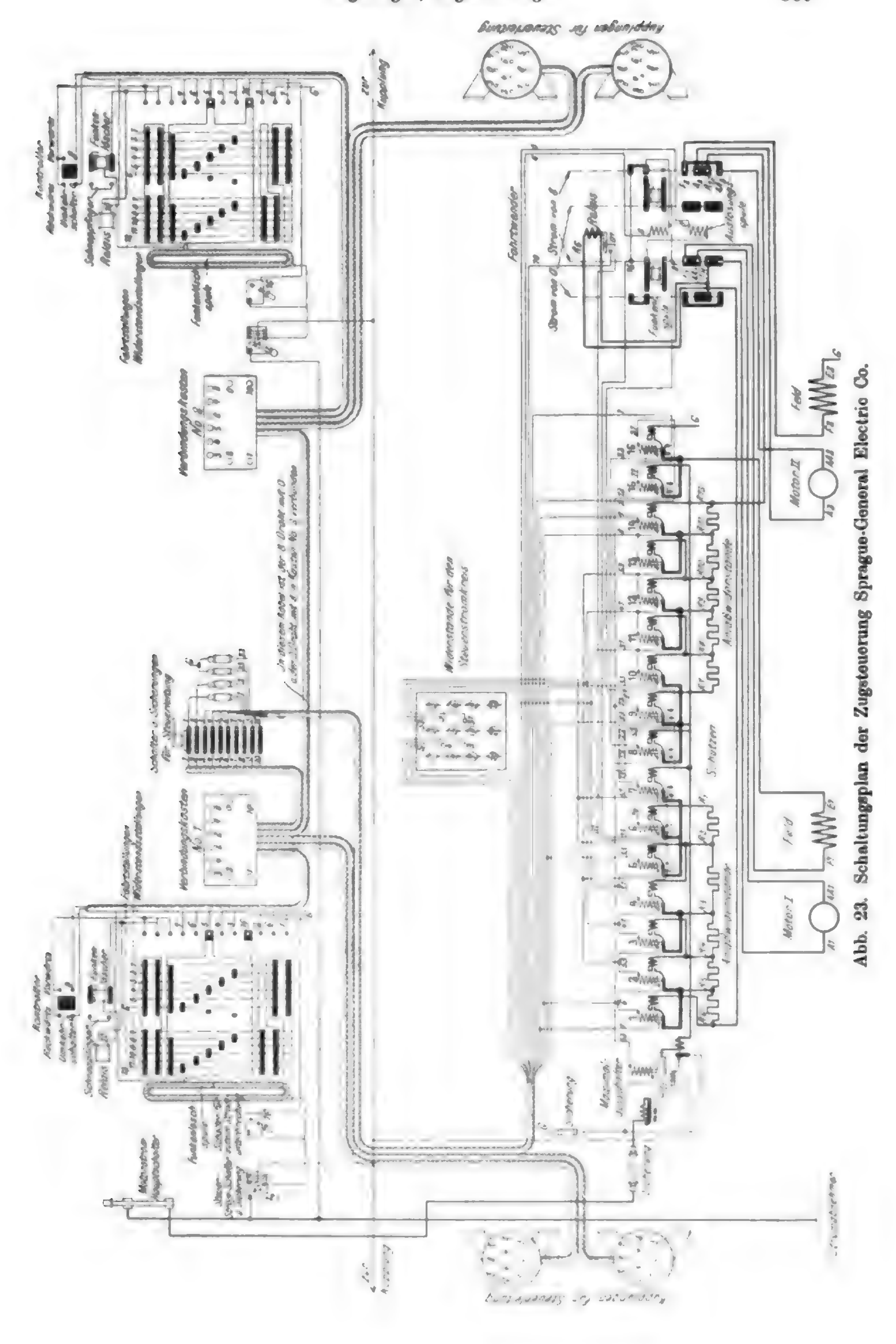


Abb. 23. Schaltungsplan der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

Zugsteuerung mit Druckluftschaltern. Gleichwie man bei den unmittelbaren Zugsteuerungen mit einem gewöhnlichen Fahrschalter dessen Antrieb schon mit Druckluft bewirkte (siehe S. 383), so wandte man dies Triebmittel auch bei den Zugsteuerungen mit Einzelschaltern an, und zwar tat dies die Westinghouse-Gesellschaft, die hierbei zugleich ihre reichen Erfahrungen auf dem Gebiete der Luftdruckbremsen verwerten konnte. Die Bauart des Einzelschalters ergab sich in einfacher Weise dadurch, daß man an Stelle des elektromagnetischen Solenoids einen Luftzylinder setzte und dessen Kolben mit dem Schaltwerk verband. Abb. 27[1]) stellt die neueste Ausführung dieses Druckluftschalters dar, bei der *b* den Zylinder, *d* den Kolben, *a* die Stromschließe bedeuten. Um ein gleichzeitiges Anheben der zusammengehörigen Schalter aller Triebwagen im Zuge zu sichern, wandte Westinghouse zum Anhube der Zylinderventile Elektromagnete *c* an.

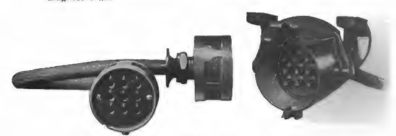


Abb. 24. Biegsame Steckkuppelung für das durchgehende Steuerkabel der Zugsteuerung Sprague-General Electric Co.

Die zu einem Triebwagen gehörige Anzahl von Einzelschaltern wurde nun früher in einem Kreise in einem turmartigen Kasten angeordnet (turret controller), in neuerer Ausführung aber gruppenweise nebeneinander gesetzt (Abb. 28). Der gemeinsame Rahmen ist gleichzeitig als Luftbehälter ausgebildet. Der Stromschluß erfolgt am Einzelschalter in der Weise, daß die Druckluft durch das elektromagnetisch gehobene Ventil in der Zylinder gelangt, den Kolben hebt und zunächst die beiden Stromschlußstücke *a* zur Vereinigung bringt. Durch den weiteren Auftrieb des Kolbens werden die letzteren, von denen das obere fest, das untere in einem beweglichen Hebel für sich wiederum beweglich angeordnet ist, innig gegeneinander gerieben, in welcher Stellung sie bei einem Luftdruck von 5·0 kg qcm verbleiben. Wird der Erregerstrom des Ventilmagneten wieder unterbrochen, so geht die Druckluft ins Freie und der Kolben nebst Schalter sinken unter dem Druck einer Feder in die Anfangslage zurück.

Wie bei den elektromagnetischen Zugsteuerungen, so werden auch hier beim Ausschalten die Lichtbogen an den Stromschlußstücken durch einen Blasmagneten, dessen Spule in Abb. 27 hinter den Stromschlußstücken *a* sichtbar ist, beseitigt.

[1]) ETZ 1907, S. 165, 166.

Digitized by Google

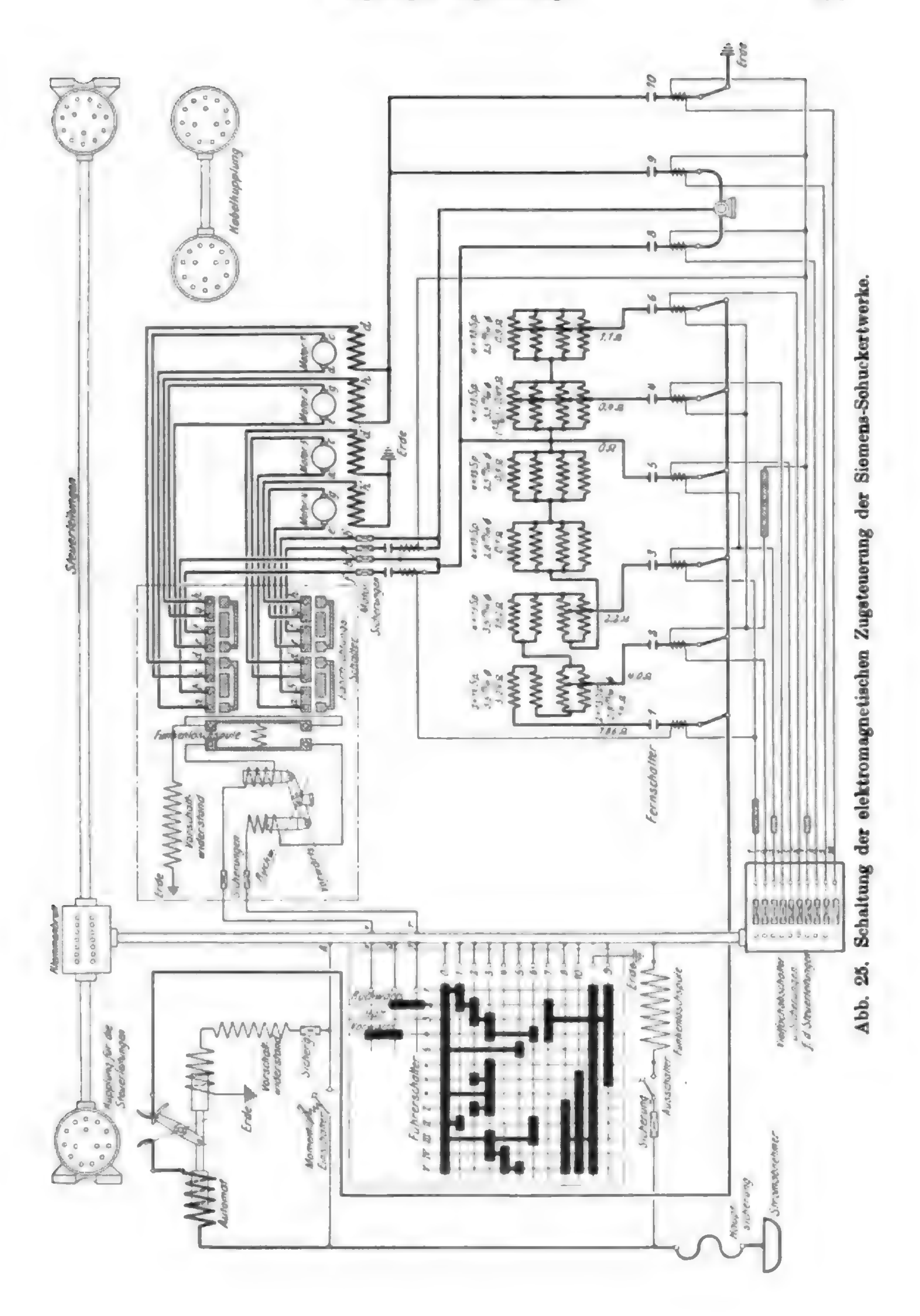


Abb. 25. Schaltung der elektromagnetischen Zugsteuerung der Siemens-Schuckertwerke.

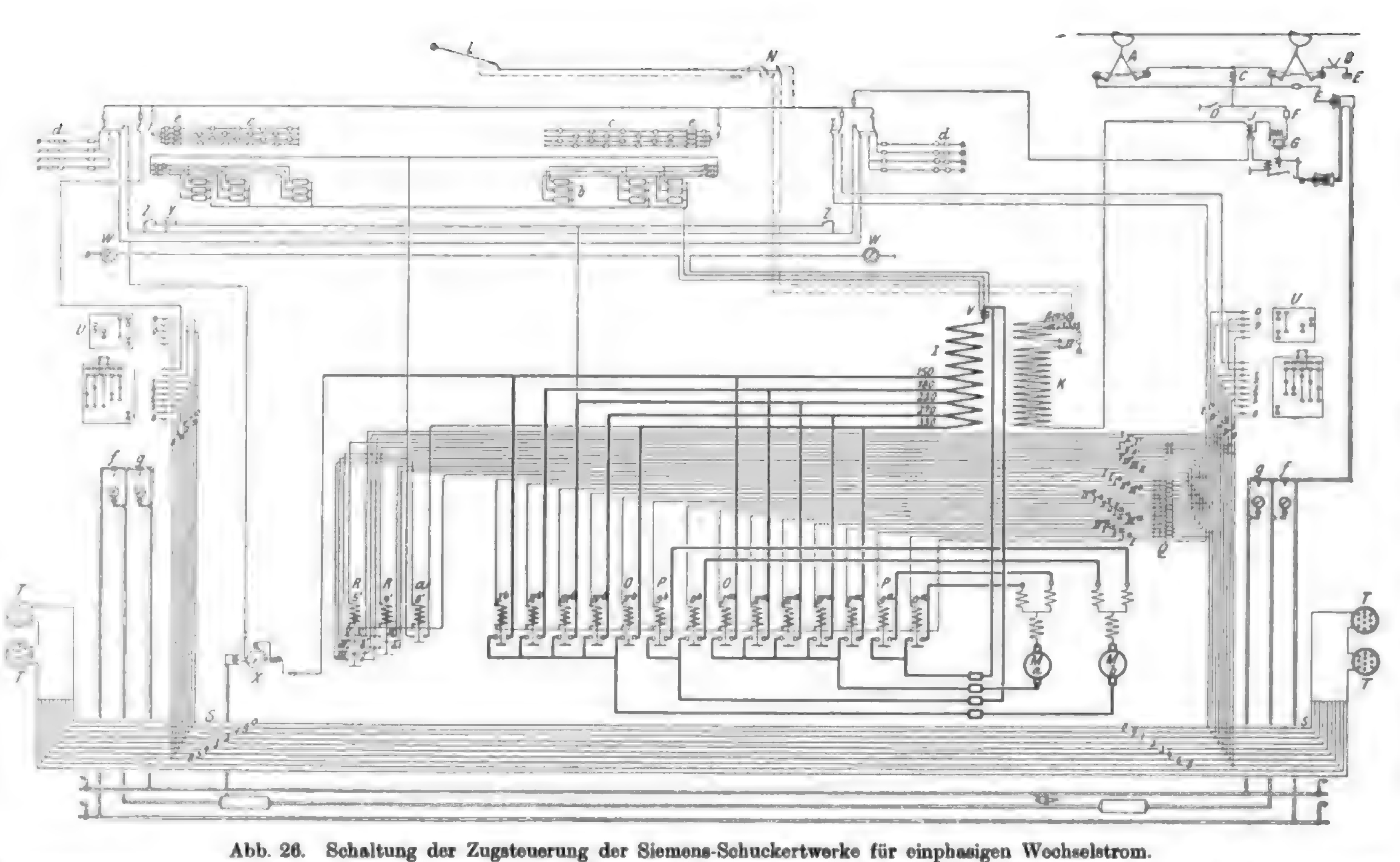


Abb. 26. Schaltung der Zugsteuerung der Siemens-Schuckertwerke für einphasigen Wechselstrom.

A Hochspannungsstromabnehmer, *B* Blitzableiter, *C* Drosselspule, *D* Erdungsschalter, *E* Luftdruckantrieb der Stromabnehmer, *F* Hochspannungssicherung, *G* Hochspannungsschalter, *J* Hochspannungsrelais, *K* Transformator, *L* Niederspannungsstromabnehmer für den Betriebsbahnhof, *Ma*, *Mb* Motoren, *O* Einzelschalter, *P* Fahrtwender, *Q* Trennschalter für die Steuerleitungen, *R* Hilfsschalter für die Steuerleitungen, *S* Steuerkabel, *T* Kuppelungen für die Steuerkabel, *U* Steuerschalter, *V* Stromtransformator für die Stromzeiger, *W* Stromzeiger, *X* Luftpumpe, *Y* Handschalter für die Luftpumpe, *Z* Selbsttätiger Schalter für die Luftpumpe, *a* Heizschalter, *b* Elektrischer Heizkörper, *c* Beleuchtung, *d* Signallampe, *e* Eisenwiderstände zur Regelung der Lichtspannung, *f* Hahn für den Stromabnehmerantrieb, *g* Bremshahn für die Luftdruckbremse.

Digitized by Google

Der Schluß des einen Einzelschalters bewirkt selbsttätig die Magneterregung des zur nächsten Schaltstufe gehörigen Einzelschalters, der indes von einem Grenzschalter so lange gehemmt wird, bis die Stromstärke und mithin Beschleunigung des Zuges auf ein gewisses, einstellbares Maß gesunken ist. Abb. 29 stellt diesen Grenzschalter dar. Er besteht aus einem Elektromagneten, dessen Anker durch den Hauptstrom solange hoch-

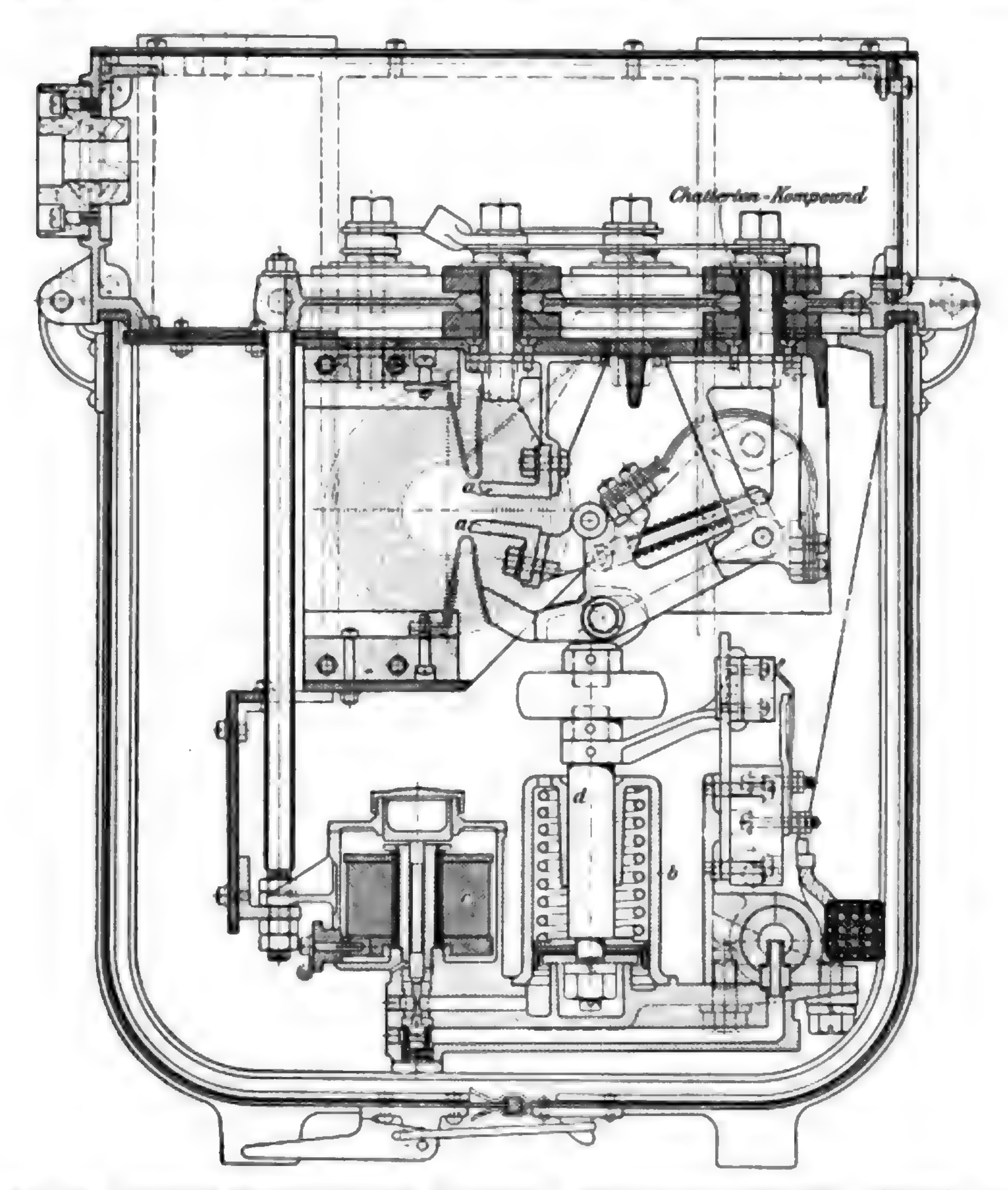


Abb. 27. Druckluft-Einzelschalter für Gleichstrom, Westinghouse 1906 1907. Maßstab 1:3.

gehoben wird und den Stromkreis zur weiteren Bewegung der Einzelschalter öffnet, bis die Stromstärke mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit auf das der Weiterschaltung entsprechende Maß gefallen ist.

Die Anfahrwiderstände bestehen, wie heute üblich, aus schlangenförmig gebildeten flachen Rahmen aus Gußeisen.

Abb. 30 stellt den Fahrtwender dieser Zugsteuerung dar, der im wesentlichen aus einem durch Druckluft auf und nieder bewegten Isolations-

stück mit Metallstreifen besteht. Letztere bringen die mit den Motoren in Verbindung stehenden Schleiffinger entsprechend der gewünschten Fahrtrichtung untereinander in leitende Verbindung.

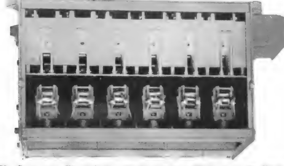


Abb. 28. Gruppe von Einzelschaltern der Zugsteuerung Westinghouse für Wechselstrom 1906/1907.

Die übrigen Vorrichtungen dieser Zugsteuerung, wie Fahrschalter, Hauptschalter, Sicherung, Motorausschalter und Verbindungsbretter, gehen aus dem Schaltungsplan (Abb. 31) hervor. Die Erregung der Ventilmagnete der Druckluftschalter erfolgt mittels einer Sammlerbatterie von 14 Volt Spannung, welche bei dem geringen Strombedarf eine nur mäßige Größe besitzt. In jedem Wagen befinden sich zwei gleiche Batterien, von denen die eine in der Entladung auf die Steuerstrom-

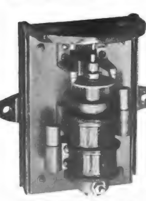


Abb. 29. Grenzschalter der Zugsteuerung Westinghouse für Gleichstrom.

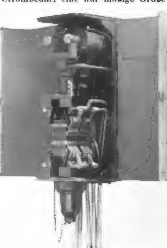


Abb. 30. Fahrtwender der Zugsteuerung Westinghouse für Gleichstrom.

Digitized by Google

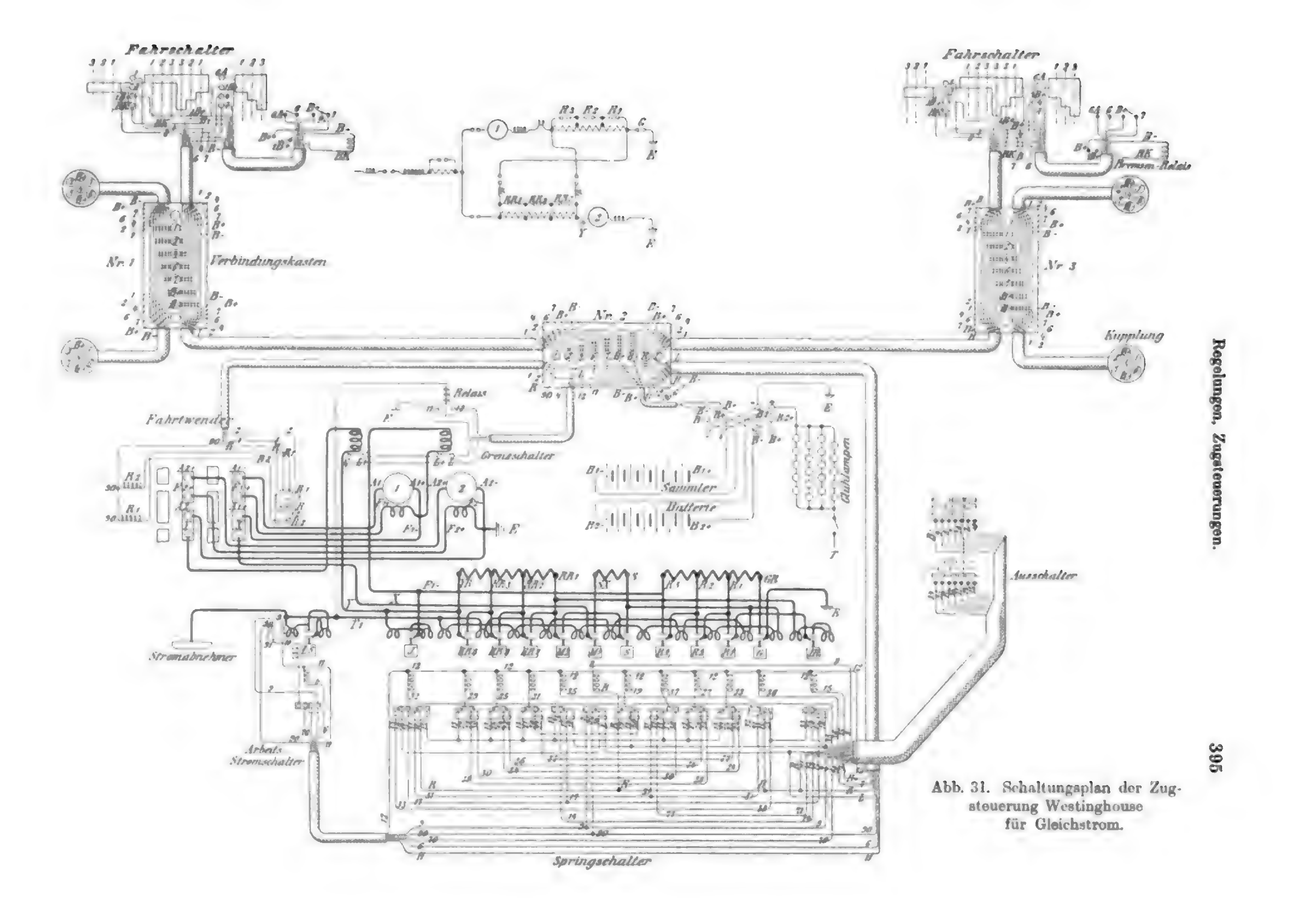


Abb. 31. Schaltungsplan der Zugsteuerung Westinghouse für Gleichstrom.

Digitized by Google

kreise geschaltet ist, die andere dagegen zwecks Ladung in den Lampenstromkreis geschaltet wird. Die Umschaltung beider erfolgt einmal am Tage. Immerhin stellt die Batterie wegen der Aufladung und Unterhaltung einen nicht gern gesehenen Teil der Wagenausrüstung dar, sodaß man sie stellenweise, z. B. auf der Metropolitan and District-Untergrundbahn in London, durch einen kleinen drehenden Umformer, der den Bahnstrom von 600 Volt auf Niederspannung von 14 Volt umformt, ersetzt hat.

Die Steuerung Westinghouse und ihre Vorrichtungen für Einphasenwechselstrom (Abb. 32) entsprechen denen für Gleichstrom. Hier sind die Widerstände durch Transformatorstufen ersetzt, von denen dann die Abzweigleitungen zu den Einzelschaltern führen. Zur Verhütung des Kurzschlusses der jeweils weiterzuschaltenden Transformatorstufe ist ein Widerstand in diesem Stromkreise vorgesehen. Der Transformator ist der Triebwagenleistung angepaßt und besitzt Ölkühlung.

Die Erregung der Ventilmagnete kann hier in einfacher Weise durch einen mit geringer Spannung vom Transformator abgezweigten Hilfsstrom erfolgen. Auch wird in dieser Weise die Motorluftpumpe gespeist. In dieser Einfachheit der Beschaffung niedriggespannter Hilfsströme besteht ein großer Vorzug des Wechselstromes bei Bahnbetrieb.

Ein Vergleich der elektromagnetischen und Luftdruck-Zugsteuerungen zeigt, daß man bei den letzteren zwar leicht große Kräfte bei allen Schaltvorrichtungen äußern kann, daß dies aber auch in genügendem Maße bei den elektromagnetischen Schaltern möglich ist, sodaß man diese wegen ihrer größeren Einfachheit und Einheitlichkeit vielfach vorzieht. Die Beschaffung der Druckluft ist es nicht, welche hierbei ausschlaggebend wirkt, da man heute in jedem elektrisch betriebenen Hauptbahnfahrzeug Druckluft zu mannigfachen Zwecken zur Verfügung haben muß, wohl aber die Unterhaltung der durch ihre Ventile und Abdichtungen ziemlich heiklen Druckluftvorrichtungen.

Zusammenfassend kann man die an eine Zugsteuerung für Triebwagenzüge zu stellenden hauptsächlichen Anforderungen wie folgt feststellen:

1. Ein jeder Triebwagen stellt eine selbständige, für sich regelbare Einheit dar. Motoren, Widerstände, Schalter und Leitungen entsprechen in den Abmessungen einander.
2. Ein aus mehreren Triebwagen bestehender Zug ist von jedem Führerstand aus regelbar. Die Handhabung der Führerschalter ist überall gleich, gleichviel von welchem Punkte aus gesteuert wird und wieviel Triebwagen sich im Zuge befinden.
3. Die sämtlichen Motoren des Zuges müssen in völlig gleichmäßiger Weise geregelt werden.
4. Örtliche Kurzschlüsse müssen den betreffenden Triebwagen selbsttätig außer Schaltung setzen, ohne daß dadurch die Wirkungsweise der übrigen Triebwagen gestört wird.
5. Bei einem dem Führer zustoßenden Unfall muß die Schaltung des ganzen Zuges selbsttätig außer Wirkung treten.

Zugsteuerung für Lokomotivzüge. Die großen Vorzüge der Zugsteuerungen haben dazu geführt, letztere selbst dann anzuwenden, wenn es sich stets nur um die Regelung eines einzigen Fahrzeuges mit zwei Führerständen handelt, also um Lokomotiven, sobald deren Leistung bei unmittelbarer Regelung zu außergewöhnlich großen Fahrschaltern und

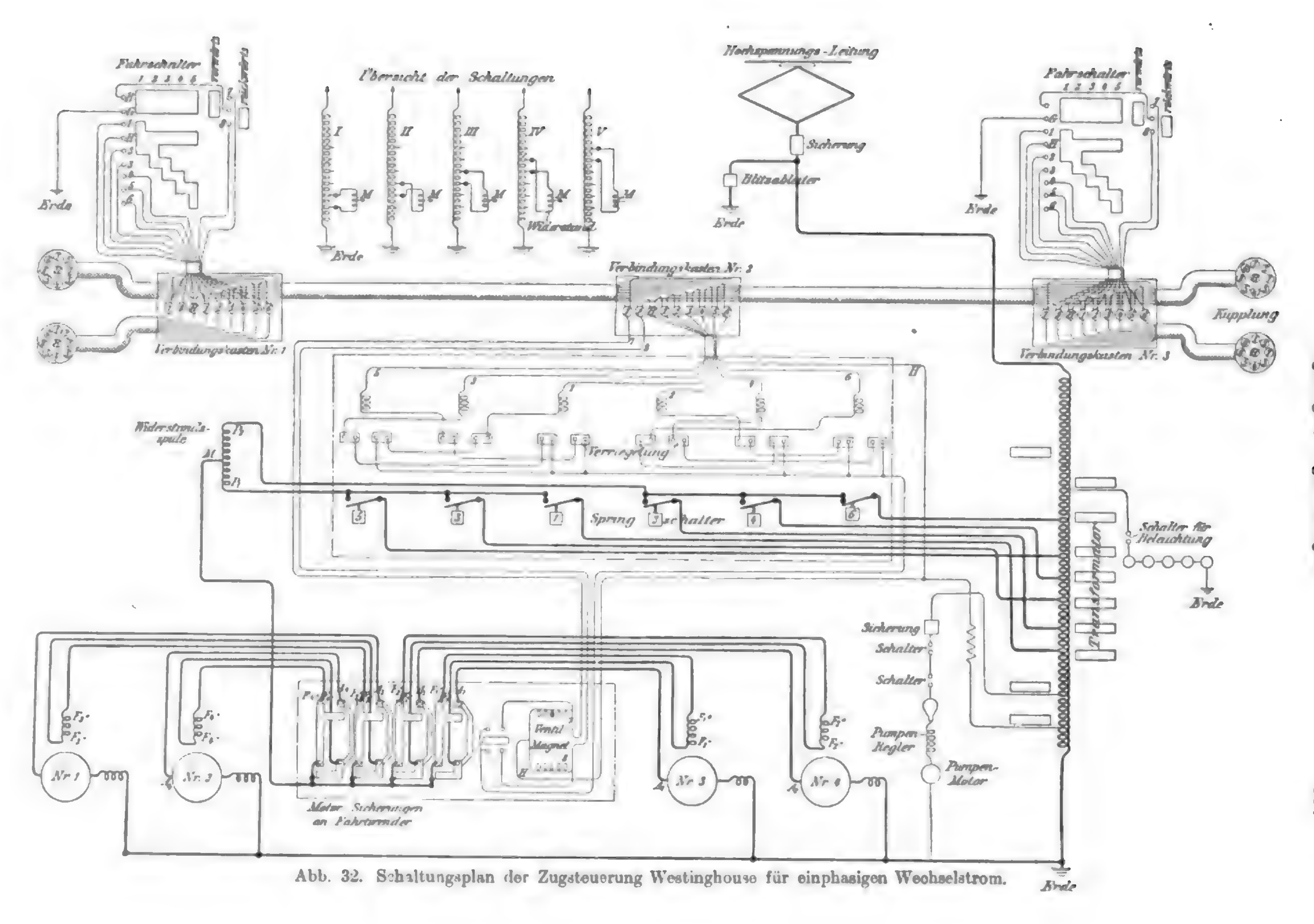


Abb. 32. Schaltungsplan der Zugsteuerung Westinghouse für einphasigen Wechselstrom.

Schaltern führt. An Preis und Gewicht kann in diesem Falle selten gespart werden, es liegt vielmehr der Vorteil in der leichteren Handhabung und Ausbesserung. Ein Vergleich der ehemaligen, jetzt durch Triebwagen ersetzten schweren Lokomotiven der Zentral-London-Untergrundbahn mit den Lokomotiven der New York Central and Hudson River Railroad läßt diese Vorteile deutlich vor Augen treten.

6. Stromabnehmer.

Die Stromabnehmer dienen zur Überleitung des Stromes von der Stromführung zum Fahrzeuge. An und für sich schon von großer Bedeutung für den glatten Betrieb kann die Stromabnahme auch mitbestimmend für die Wahl der Stromart der Anlage sein. So bietet sie z. B. bei Gleichstrom von selbst hoher Spannung, also etwa 3000 Volt (siehe S. 367), infolge der bei großen Zuglasten hohen Stromstärke große Schwierigkeiten, da man den Schleifpunkt zweckmäßig nicht über 100 Ampere belastet.

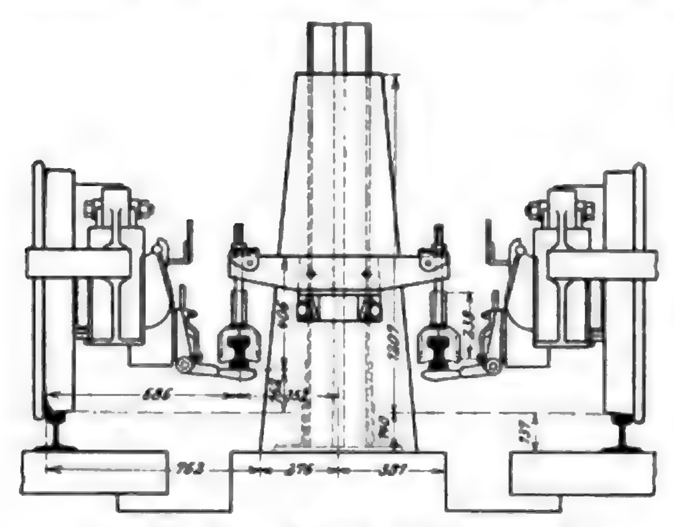


Abb. 33. Dritte Schiene und Schleifschuh der Stadtbahn in Philadelphia.

Während die Stromabnahme von der bei Hauptbahnen bisher gebräuchlichen Stromschiene mit verhältnismäßig einfachen Mitteln zu bewirken war, indem hier ein einfacher Schleifschuh (Abb. 33)[1]) genügte, ist die Aufgabe bei Hochleitungen, wie sie die Verwendung hochgespannten Gleichstromes und Wechselstromes erfordert, schon erheblich schwieriger. Hier ist vor allem die Bedingung zu erfüllen, daß der Abnehmer ständig mit der Leitung in inniger Berührung bleibe und vollkommen ruhig laufe, daß er weder die Leitung übermäßig angreife, noch selbst sich zu schnell abnutze, endlich, daß er leicht an die Leitung angelegt und niedergelassen werden könne.

Von vornherein leuchtet ein, daß diesen Bedingungen die bisher fast allgemein und insbesondere in den Hauptbahnbetrieben der Vereinigten Staaten Amerikas gebräuchlichen Rollenabnehmer nicht genügen können, daß vielmehr nur Schleifstücke in Betracht kommen. Hiermit ist vor allem die Sicherheit gegen Entgleisungen gegeben, so daß der Zugführer dem Stromabnehmer während der Fahrt seine Aufmerksamkeit nicht mehr zuzuwenden braucht.

Der Bedingung des ruhigen, funkenfreien Laufes am Fahrdraht muß durch zwei Maßnahmen entsprochen werden. Einmal muß der Fahrdraht selbst mit möglichst geringem Durchhang, also mit großer Spannung und häufigen Aufhängepunkten, gezogen werden, da sich ein Abschleudern

[1]) Street Railway Journal, Februar 1907, S. 277.

Digitized by Google

des Stromabnehmers gerade an den Einschnürungen des Aufhängepunktes zeigt, und anderseits muß der Stromabnehmer selbst mit dem geringsten Aufwand an Gewicht (Masse) gebaut werden, damit er allen Unebenheiten der Fahrfläche des Drahtes auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten folgen kann, ohne abgeschleudert zu werden und dabei Lichtbogen zwischen sich und dem Fahrdraht zu verursachen. In beiden Richtungen ist man vorgegangen. Der Fahrdraht wird, wie in Abb. 34 (Bauart Siemens-Schuckertwerke für die Vorortbahn Hamburg-Altona) angegeben, an einem oder zwei über ihm der Länge nach gespannten Tragdrähten (Seilen) in mehreren Punkten aufgehängt (Kettenaufhängung, Vielfachaufhängung, catenary suspension), wodurch er zugleich bei etwaigem Bruche gehindert wird, tief herabzuhängen und Erdschluß herzustellen oder Personen zu gefährden. Der Stromabnehmer wird, wie erstmals 1896 vom Verfasser für die Isartalbahn angegeben, mit einer doppelten Federung ausgeführt, und zwar einer, die den ganzen Abnehmer an der Wurzel faßt, und einer zweiten, die den oberen Teil, der das eigentliche Schleifstück trägt, für sich federn läßt. Als träge Masse kommt dann nur dieser obere Teil, der verhältnismäßig geringe Abmessungen erhalten kann, in Betracht.

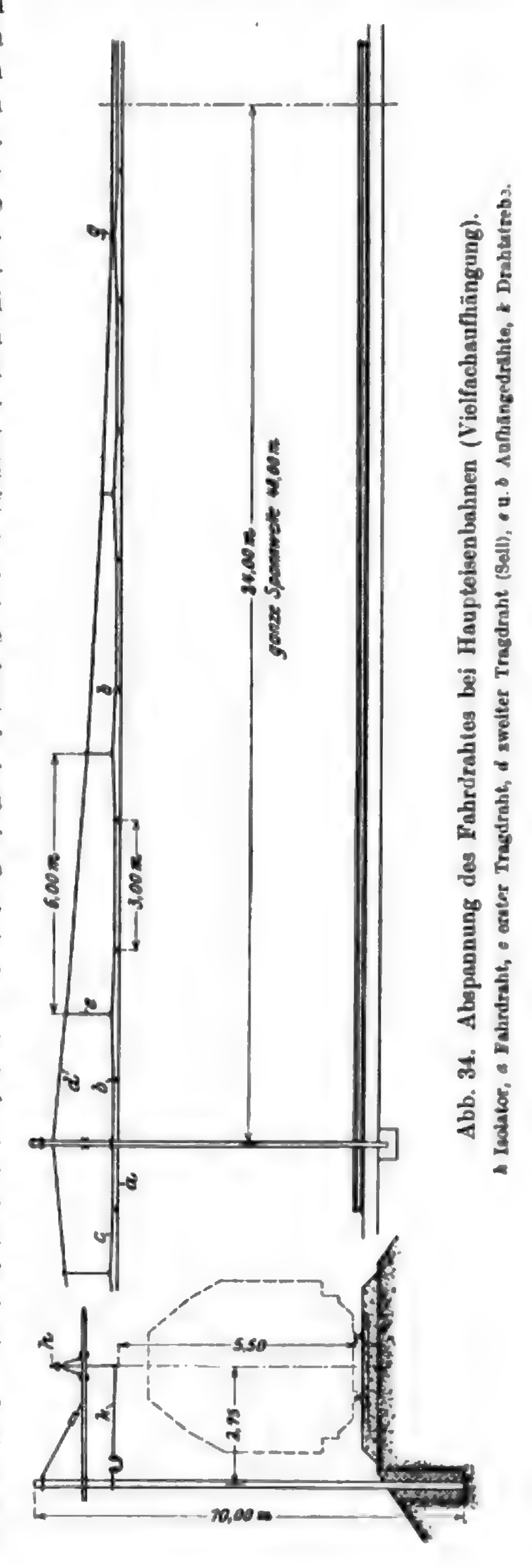


Abb. 34. Abspannung des Fahrdrahtes bei Haupteisenbahnen (Vielfachaufhängung).
h Isolator, a Fahrdraht, c erster Tragdraht, d zweiter Tragdraht (Seil), e u. b Aufhängedrähte, k Drahtstrebe.

In Abb. 35 und 36 sind neuzeitliche Stromabnehmer obengenannter Bauart dargestellt, und zwar zeigt Abb. 35 die Bauart Brown, Boveri & Co. an der Simplon-Lokomotive, Abb. 36 diejenige der Siemens-Schuckertwerke an den Triebwagen der Hamburger Wagen. Letzterer besitzt die bekannte Form des Parallelogrammes, arbeitet also in beiden Fahrtrichtungen.

Eine eigenartige Ausbildung gab dem Stromabnehmer und dadurch auch der ganzen Leitung die Maschinenfabrik Oerlikon. Dieser Strom abnehmer besteht, wie Abb. 37 zeigt,

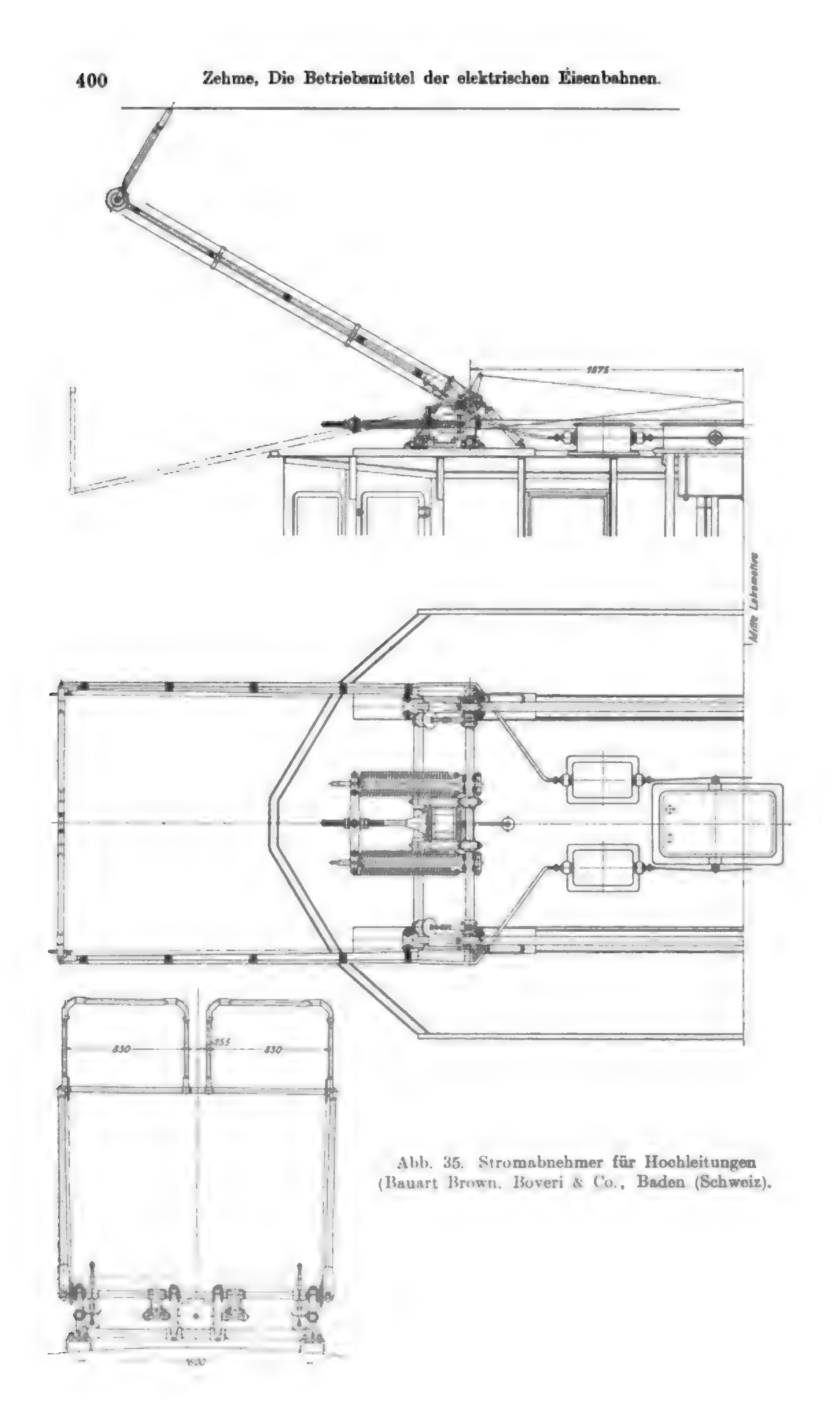


Abb. 35. Stromabnehmer für Hochleitungen (Bauart Brown, Boveri & Co., Baden (Schweiz).

Digitized by Google

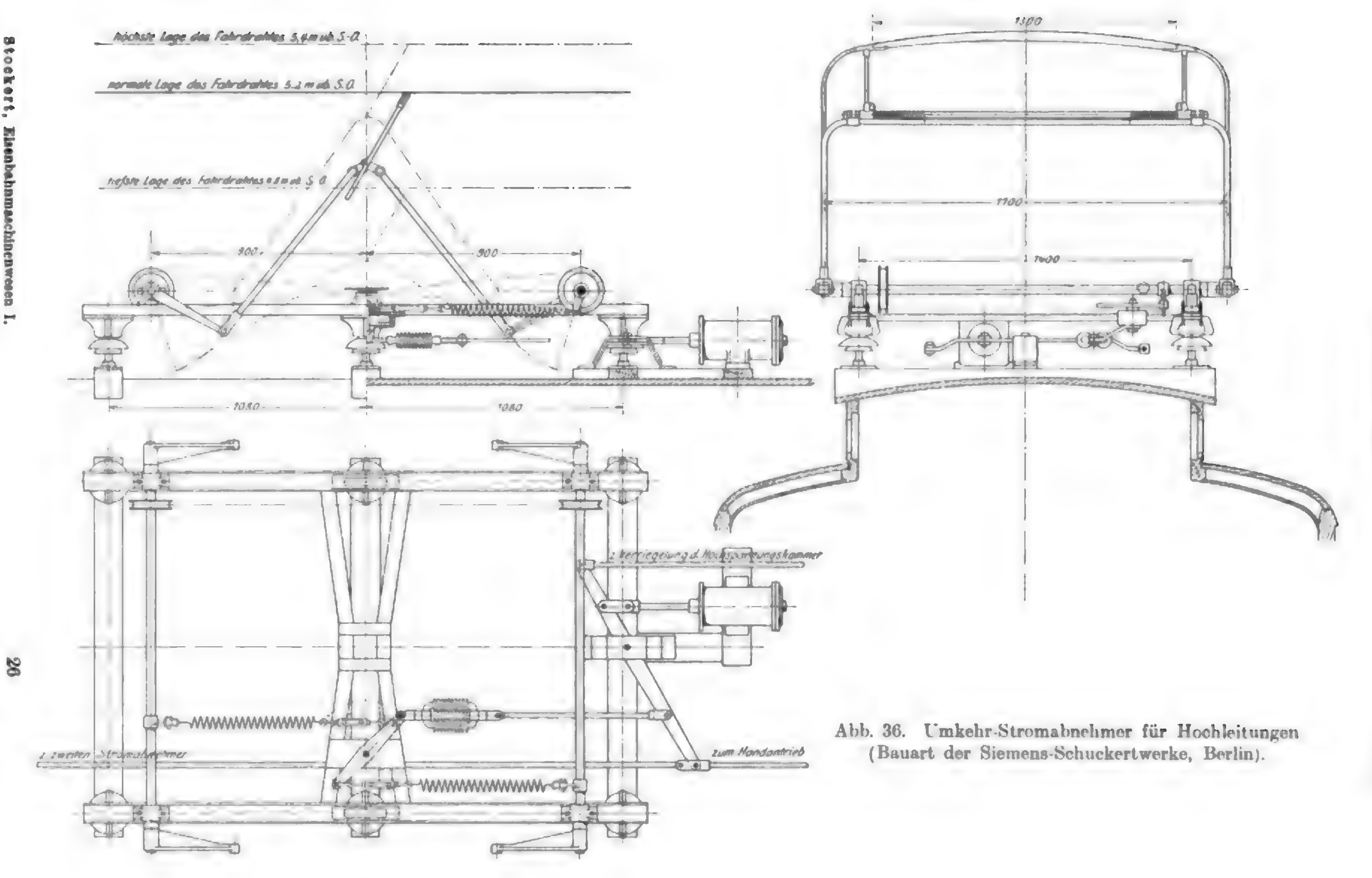


Abb. 36. Umkehr-Stromabnehmer für Hochleitungen (Bauart der Siemens-Schuckertwerke, Berlin).

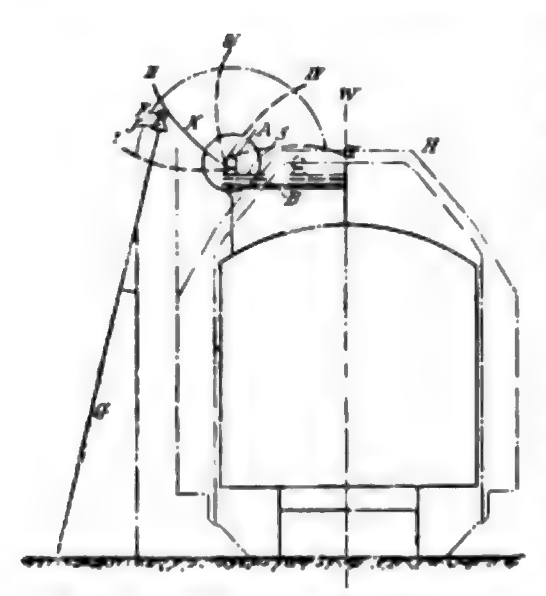


Abb. 37. Stromabnehmer der Maschinenfabrik Oerlikon.

aus einem einseitig gelagerten Arm, der auf freier Strecke die Leitung von oben bestreicht und in Tunneln durch die Drahtführung allmählich in die Lage gedreht wird, in der er die Leitung von unten berührt. In dieser Bauart ist die elektrische Hauptbahnlinie Seebach (bei Zürich)-Wettingen ausgeführt.

Das Anlegen und Niederlegen des Stromabnehmers wird heute nach Vorgang von Ganz & Cie. auf der Valtellinabahn allgemein mittels Druckluft besorgt, die in einen hierzu auf dem Wagendache oder im Wagen vorgesehenen Druckzylinder vom Führerstand aus geleitet wird. Zur Erzeugung der Druckluft, die auch für die Luft-

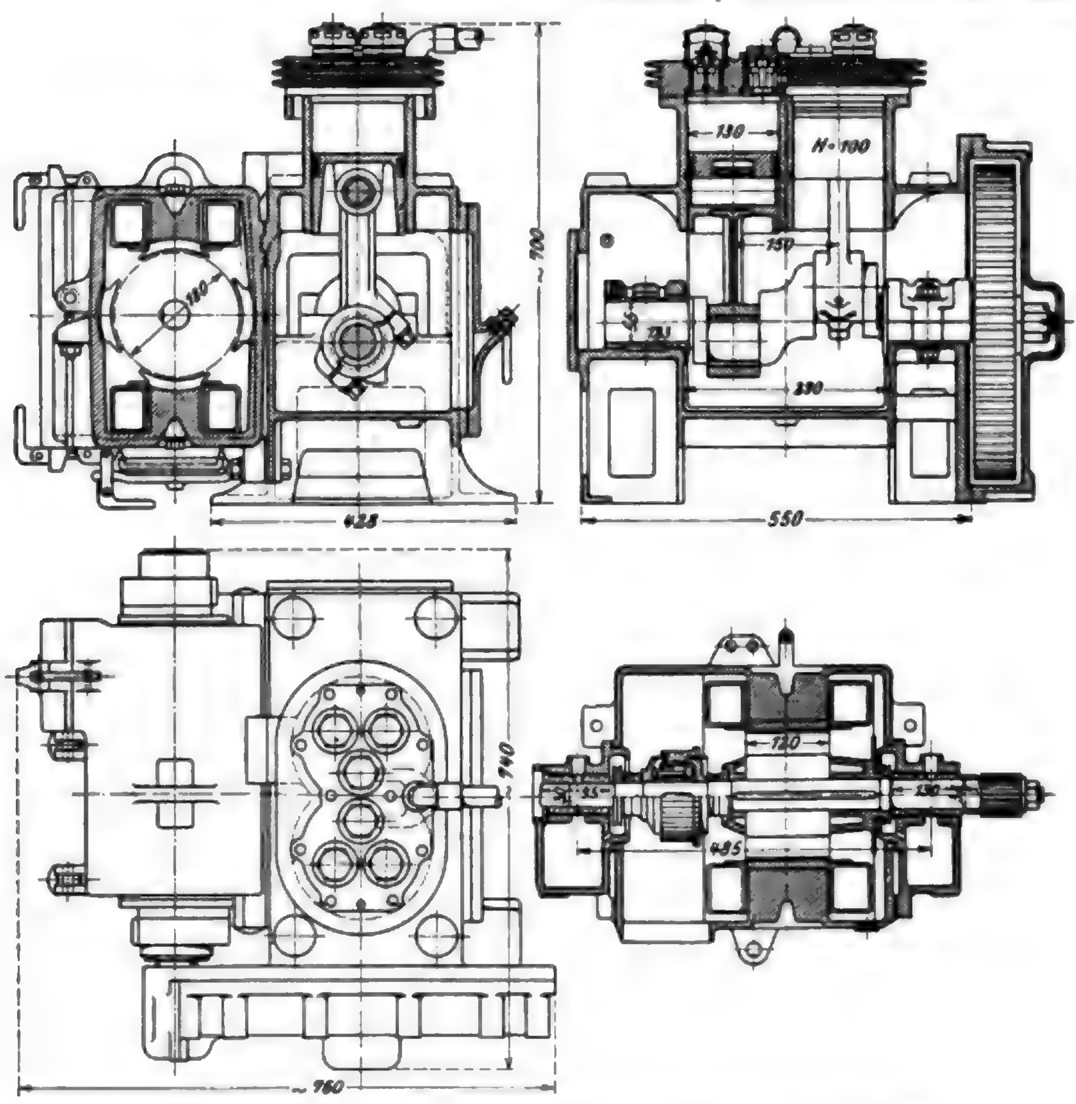


Abb. 38. Elektrisch angetriebene Luftpumpe für Hauptbahnzüge.

Digitized by Google

druckbremse Verwendung findet, dient eine elektrisch angetriebene Luftpumpe. Abb. 38 stellt eine solche, ausgeführt von den Siemens-Schuckertwerken, dar.

7. Anordnung der Apparate und Leitungen.

Über die Anordnung der Schaltvorrichtungen nebst Zubehörteilen der Zugsteuerungen ist schon unter 5. einiges angegeben worden. Es kommen im wesentlichen zwei verschiedene Arten der Unterbringung dieser für die Aufrechterhaltung eines glatten Betriebes sehr wichtigen Einrichtungen in Betracht. Entweder man verlegt alle vom Führer nicht unmittelbar zu handhabenden Vorrichtungen unter den Wagenfußboden und nur den Fahrschalter, die Hauptausschalter und Sicherungen auf den Führerstand, oder man bringt die ganze Einrichtung in einem besonderen mit dem Führerstand in Verbindung stehenden Wagenabteil unter. Die erstere Bauart ist die gebräuchlichere; die letztere, welche zwar übersichtlich und geschützt ist, dagegen einen kostbaren Innenraum des Wagens beansprucht, ist bei einigen englischen Bahnen in Gebrauch. Handelt es sich um Hochspannung, und das ist für Hauptbahnen der in Betracht kommende Fall, so bringt man die Hochspannungsvorrichtungen völlig getrennt von den Niederspannungsapparaten in einer eigenen Kammer neben dem Führerstande am Wagenende unter, deren Verschluß mittels Druckluft in der Weise besorgt wird, daß die Kammer nicht geöffnet werden kann, so lange der mit Druckluft emporgehobene Hochspannungsstromabnehmer am Fahrdraht anliegt, und daß umgekehrt der Abnehmer nicht gehoben werden kann, ehe die Hochspannungskammer geschlossen wurde.

Die bequeme und sicher wirkende Handhabung der Druckluft hat dazu geführt, sie auch bei sonstigen elektrischen Vorrichtungen, insbesondere den Ausschaltern, zu verwenden.

Die Kabelleitungen werden am Fahrzeug in Isolationsrohren unter dem Wagenfußboden auf besonderen mit Eisenblech und Asbestpappe belegten Unterlaghölzern verlegt.

Motorwagen und leichte Lokomotiven.

Von

G. Dinglinger, und C. Guillery,

Eisenbahn-Bauinspektor a. D., Berlin. Kgl. Baurat, München.

1. Bestimmung des Begriffs Motorwagen.

Der Begriff „Motorwagen" erhellt aus der Gegenüberstellung mit anderen Fahrzeugen, neben denen die Motorwagen dem öffentlichen Verkehr dienstbar sind.

Im Gegensatz zu Automobilfahrzeugen dienen die hier zu besprechenden Motorwagen der Beförderung von Personen oder Gütern, und zwar vorwiegend von ersteren, auf Schienenwegen.

Im Gegensatz zu elektrischen Straßenbahnwagen oder Triebwagen mit Stromzuführung von außen durch eine Kontaktleitung (vgl. Bd. I. Zehme, Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen) führen die Motorwagen die Kraftquelle mit sich, sind also unabhängig von der elektrischen Kontaktleitung und Speiseleitung. Im Gegensatz zu Wagenzügen, die durch Lokomotiven befördert werden, ist auf den Motorwagen selbst Platz für die zu befördernden Personen und Güter oder wenigstens für einen erheblichen Teil derselben vorgesehen. Für Güter verlohnt sich indessen meist die Einzelbeförderung eines Motorwagens nicht wegen der hohen hiermit verbundenen Kosten. Zur Beförderung von Postsachen und von Expreßgut werden jedoch vereinzelt Motorwagen verwendet. Auch hat die North Eastern Bahn vor einigen Jahren einen Dampfmotorwagen von 5 t Tragkraft nebst einem Anhängwagen von 2·5 t Tragkraft zur Beförderung landwirtschaftlicher Erzeugnisse in der Nähe von York in Dienst gestellt.[1]) Allenfalls könnten auch noch die im In- und Auslande mehrfach verwendeten kleinen Lokomotiven mit Gepäckabteil unter den Begriff Motorwagen eingereiht werden, wenigstens ebensogut wie der benzinelektrische Wagen der St. Joseph Valley Traction Co.[2]) in La Grange, Indiana, und die neuen Dampfwagen der Italienischen Staatsbahnen aus der Maschinenfabrik der Öst.-Ung. Staatseisenbahn-Gesellschaft in Wien, die auch im Grunde nichts anderes sind als Lokomotiven mit Gepäckabteil und nur äußerlich als kleine Wagen eingekleidet sind.

---

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1709 nach Engineering.

[2]) Heller, Der Automobilmotor; ferner Eisenbahntechn. Zeitschr. 1905.

Digitized by Google

Der Verkehrstechniker versteht demnach unter Motorwagen solche vornehmlich der Personenbeförderung dienende Eisenbahnfahrzeuge, die ihren eigenen Motor haben und die zu ihrer Fortbewegung erforderliche Kraftquelle mit sich führen.[1])

Im Anschluß an die Motorwagen sollen damit stammverwandte und aus dem Motorwagenbetrieb hervorgegangene neuere leichte Lokomotiven kurz besprochen werden.

2. Verwendungsbereich.

Die Grenze der Verwendbarkeit von Motorwagen ist bestimmt durch die Leistungsfähigkeit des Motors und durch die Menge der Vorräte zur Krafterzeugung. Über die Zweckmäßigkeit der Verwendung entscheidet die Dichte des Verkehrs.

Um mit einem gegebenen Wagengewicht möglichst viel Personen befördern zu können, darf die Antriebmaschine nicht zu schwer und der Raum für die Vorräte nicht zu reichlich bemessen sein. Die leichte Antriebmaschine kann aber nur eine geringe Leistung haben, gestattet also nicht die Verwendung eines großen und schweren Motorwagens auf starken und langen Steigungen. Die geringen Mengen von Vorräten beschränken die Ausdehnung der Fahrt. Die Länge der Strecken, auf denen Motorwagen ohne Erneuerung der Vorräte laufen, beträgt selten über 100 km, meist ist sie jedoch weit geringer. Die stärksten Neigungen, die auf mehr als 1 km Länge befahren werden, betragen — von vereinzelten Ausnahmen abgesehen — etwa 1:100.

Die Zweckmäßigkeit der Verwendung von Motorwagen ergibt sich aus einer Vergleichsrechnung zwischen verschiedenen Beförderungsmöglichkeiten, bei der die Dichte des Verkehrs zugrunde zu legen ist. In Betracht zu ziehen ist dabei, daß sich die Plätze der Motorwagen infolge der hierbei ebenso wie im Straßenbahnverkehr üblichen und geduldeten Verringerung der Zahl der Klassen und des Wegfalls besonderer Abteile für Frauen und für Nichtraucher, gegebenenfalls auch, wie bei den Niederösterreichischen Landesbahnen, durch die Bestimmung, daß nur eine beschränkte Anzahl Reisender aufgenommen wird, besser ausnutzen lassen als die Plätze gewöhnlicher Lokomotivzüge der herkömmlichen Einrichtung. Dieser Umstand hat sehr dazu beigetragen, daß beispielsweise auf den Arader und Csanáder Bahnen das auf den Kopf der Reisenden entfallende tote Gewicht von 1·09 t bei Lokomotivzügen auf 0·348 t bei Motorwagenzügen zurückgegangen ist.

Es wird sich stets darum handeln, zu entscheiden, ob an Stelle von Motorwagen nicht besser Triebwagen mit besonderer Zuleitung von einer oder mehreren Kraftzentralen aus, oder durch Lokomotiven beförderte Wagenzüge zu verwenden sind. Die erste Frage wird heute in der Regel bei neu zu bauenden Strecken, die zweite eher bei älteren Strecken mit schon vorhandenem Dampfbetrieb aufgeworfen werden.

---

[1]) Der Ausdruck „Motorwagen" läßt allerdings eine Verwechslung mit den im Straßenbahnbetriebe mit Kontaktleitung verwendeten Fahrzeugen zu, soll jedoch der Kürze halber und weil er der am meisten gebräuchliche ist hier anstatt des treffenderen Ausdrucks „Eisenbahnkraftwagen" beibehalten werden. Die deutsche Eisenbahnbau- und Betriebsordnung sagt „Triebwagen". Dieser Ausdruck läßt aber auch Verwechslungen zu und ist nicht so üblich wie Motorwagen.

Zweckdienliche Verwendung können Motorwagen finden:

1. auf Strecken mit sehr schwachem Personenverkehr unter Trennung des letzteren vom Güterverkehr;

2. auf verkehrsreichen Fernstrecken zur Verdichtung der Zugfolge im Nahverkehr;

3. auf Nebenbahnen zur Vermittlung des Anschlusses an Fernzüge der Hauptstrecken.

In England werden vielfach Dampfwagen im Wettbewerb mit den sehr ausgedehnten elektrischen Vorortbahnen auf Hauptstrecken, namentlich in der Umgegend von London, verwendet. Die hierzu eingelegten Zwischenstationen sind sehr einfach ausgestattet, mit einer Wellblechbude als Wartesaal und kurzen hölzernen Bahnsteigen. Stationspersonal ist nicht vorhanden, die Fahrkarten werden durch den Schaffner ausgegeben.

Erfahrungsgemäß nimmt mit wachsender Fahrgelegenheit auch die Ausnutzung derselben und somit die Stärke des Verkehrs zu, so daß auf Strecken, die bei ihrer Eröffnung mit Motorwagen befahren wurden, sich nach einiger Zeit das Bedürfnis nach weiterer Vermehrung der Fahrgelegenheit oder nach Einlegung stärkerer Züge geltend macht. Im ersten Falle würde die Anlage einer Kraftzentrale und die Verlegung einer Stromzuführungsleitung für elektrischen Betrieb, im zweiten Falle die Einführung des Betriebes mit Dampflokomotiven und die Verlegung des Motorwagenbetriebes auf eine andere Strecke in Frage kommen. Es werden in einem großen Eisenbahnnetze stets neue Gegenden erschlossen, für welche die Motorwagen während der Übergangszeit gute Dienste leisten; später können sie zur Verdichtung der Zugfolge auf verkehrsreichen Strecken und zur Vermittlung des Anschlusses an Schnellzüge für Nebenbahnen gute Verwendung finden.

Durch Einführung von Motorwagen für die Personenbeförderung, unter völliger Trennung von Personen- und Güterverkehr, läßt sich in verkehrsschwachen Gegenden oft eine überraschende Steigerung des Verkehrs herbeiführen, namentlich, wenn infolge des Herabgehens der Betriebskosten gleichzeitig die Tarife ermäßigt werden können. Die Arader und Csanáder Bahnen, welche das auffälligste Beispiel für solche Vorgänge bieten, haben vor Einführung des Motorwagenbetriebes jährlich einen Fehlbetrag von 180000 K aus dem Personenverkehr erzielt, während jetzt beim Motorwagenbetrieb unter gleichzeitiger starker Herabsetzung der Tarife der Personenverkehr so sehr gestiegen ist, daß trotz der Tarifherabsetzung ein jährlicher Überschuß von 300000 K erreicht wird.

3. Das Kraftmittel.

Nach der Art des Kraftmittels kann man die Motorwagen in zwei Gattungen trennen:

1. Die Motorwagen führen das zum Betriebe des Motors dienende Kraftmittel aufgespeichert mit sich, wobei die Energie besonderen Krafterzeugungsstationen zur Aufspeicherung im Motorwagen entnommen wird.

2. Die Energie wird mit Hilfe der Verbrennung auf dem Motorwagen selbst erzeugt und nur der zur Erzeugung der Energie dienende Rohstoff wird auf dem Motorwagen mitgeführt.

Zur ersten Gattung der Motorwagen gehören die von elektrischen Speicherbatterien aus angetriebenen Wagen, wie sie auf den Pfälzer Eisenbahnen, bei den Belgischen und Italienischen Staatsbahnen (Südbahn[1]) und seit kurzem bei der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung Verwendung finden. Auch die im Eisenbahnbetriebe früher versuchten, im Straßenbahnbetriebe in Paris noch verwendeten Motorwagen mit Antrieb von mitgeführten Druckluftbehältern aus gehören zu dieser Gattung.

Zur zweiten Gattung zählen die Dampfwagen und die Wagen mit Verbrennungsmaschinen. Der jeweilige Preis des Kraftmittels ist dafür ausschlaggebend, welche von diesen Betriebsarten im Einzelfalle den Vorzug verdient. Beispielsweise kommt dort der Wagen mit Betrieb durch eine elektrische Speicherbatterie als Kraftquelle in Frage, wo der elektrische Strom bei Verwendung von Naturkräften, wie Wasserfälle und Flußläufe, durch die Möglichkeit der Ausbeutung von Braunkohlenlagern oder andere günstige Umstände billig zu beziehen ist. In Gegenden, in denen hochwertige Kohle oder guter Koks billig zu haben ist, wird sich der Dampfwagen mit Koks- oder Kohlenfeuerung einbürgern, derselbe Wagen, aber mit Heizung der Dampfkessel durch Rohpetroleum, in Gegenden, in denen Erdöl gewonnen wird. Nur bester Brennstoff ist für Motorwagen zu empfehlen, um die Gewichts- und Raumeinheit des Kessels und des Brennstoffs möglichst ausnutzen zu können. Die Dampfmaschine hat vor den Verbrennungsmaschinen den Vorzug, daß sie überlastet werden kann und daß sich deshalb mit ihr auch bei Eintritt unvorhergesehener Schwierigkeiten während der Fahrt der Betrieb leichter aufrecht erhalten läßt. Für die Feuerung mit Rohpetroleum ist noch der Umstand in Betracht zu ziehen, daß Rohpetroleum einesteils erheblich mehr Wärmeeinheiten auf die Gewichtseinheit enthält als Kohle und daß sich andererseits diese Wärme beim Rohpetroleum durch vollkommenere Verbrennung weit besser ausnutzen läßt. Daher können Dampfwagen mit Kesselheizung durch Rohpetroleum bei gleichem Gewicht an Brennstoffvorrat einen drei- bis viermal weiteren Weg ohne Erneuerung der Vorräte zurücklegen als Dampfwagen mit Kohlenfeuerung. Auch macht das Petroleum infolge der vollkommeneren Verbrennung weit weniger Rauch als Kohle.

Wo weder natürliche Wasserkräfte noch gute Kohle, Koks oder Erdöl zur Verfügung stehen, kommt der Betrieb mit Verbrennungsmaschinen in Frage und zwar entweder mit unmittelbarer mechanischer Kraftübertragung von der Maschine auf die Wagenachsen oder mit Zwischenschaltung elektrischer Kraftübertragung. Von diesen beiden Arten des Antriebs wird die letztere vom betriebstechnischen Standpunkt den Vorzug verdienen, wenn ungünstige Betriebsverhältnisse, wie wechselnde und starke Steigungen, scharfe Krümmungen, häufiges Anhalten, unbewachte Wegeübergänge vorhanden sind, oder dort, wo hohe Fahrgeschwindigkeiten verlangt werden, da der Antrieb mit elektrischer Übertragung in seiner ganzen Einrichtung einfacher gestaltet werden kann, leichter zu bedienen ist und sich wechselnder Fahrgeschwindigkeit und Belastung besser anpaßt.

---

[1]) Die Italienischen Staatsbahnen haben den Betrieb mit solchen Wagen inzwischen eingestellt.

4. Bedienungsmannschaft.

Von großem und sogar leicht ausschlaggebendem Einfluß auf die Wahl des Kraftmittels ist die zur Beförderung des Motorwagens erforderliche Zahl an Begleitmannschaften.

Angenommen, ein Mann sei lediglich für die Führung des Wagens, ein zweiter lediglich für die Kontrolle der Reisenden erforderlich, dann sind diejenigen Wagen im Vorteil, die keine weitere Person zur Beaufsichtigung der Krafterzeugungsmaschine erfordern, wie beim Betrieb mit elektrischen Speicherbatterien oder mit zuverlässigen Verbrennungsmaschinen.

Bei den mit Kohlen oder Koks geheizten Dampfwagen erscheint ein besonderer Heizer zur Wartung des Kessels erwünscht, selbst bei der Petroleumheizung wird seine Einstellung oft für ratsam gehalten; unbedingt erforderlich ist er, wenn der Wagenführer bei der Rückwärtsfahrt auf der Plattform am anderen Ende des Wagens steht.

Bei Wagen mit elektrischen Speicherbatterien ist unter Voraussetzung leichter Streckenverhältnisse außer dem Schaffner nur ein Führer nötig, weil die Steuerung leicht so eingerichtet werden kann, daß sie von beiden Wagenenden aus zu bedienen ist. Ebenso können die Wagen mit Verbrennungsmaschinen der verhältnismäßig einfachen Bedienung dieser Maschinen wegen unter gleichen Voraussetzungen und bei nicht zu hoher Fahrgeschwindigkeit meist von nur einem Manne, außer dem Schaffner, bedient werden. Erforderlich ist nur, daß für den Notfall der Führerstand dem Schaffner vom Wageninnern aus leicht zugänglich ist.

In England wird der zweite Mann zur Bedienung der Dampfmaschine und des Kessels durch die Aufsichtsbehörde, den Board of Trade, verlangt, in Österreich-Ungarn wird er ebenfalls durchweg gefordert. Auf der Wiener Stadtbahn hat man der schwierigen Streckenverhältnisse halber nicht einmal versuchsweise die Bedienung der Maschine durch nur einen Mann bei kleinen Dampfwagen zulassen wollen. In Arad läßt man wohl bei benzinelektrischen Wagen mit nur 30 bis 35 km Fahrgeschwindigkeit die Bedienung der Maschine durch nur einen Mann zu, bei den mit 50 bis 60 km/st fahrenden Schnellzügen mit benzinelektrischen Motorwagen werden dagegen dort auch mit Rücksicht auf schon vorgekommene Unregelmäßigkeiten zwei Mann auf den Führerstand gestellt.

In Frankreich ist schon seit siebenundzwanzig Jahren die Bedienung der Maschinen und Kessel sowohl von Dampfmotorwagen als von leichten Lokomotivzügen durch nur einen Mann zulässig, und zwar bei letzteren mit der Einschränkung, daß der Wagenzug nur aus einem einzigen Wagen bestehen darf. In solchen leichten Lokomotivzügen verkehrte früher auf der Französischen Nordbahn ein großer vierachsiger Wagen für dreiundsiebzig Personen. Heute macht die Nordbahn von dieser Erlaubnis, im Gegensatz zu der Französischen Staatsbahn, für leichte Lokomotivzüge keinen Gebrauch mehr, dagegen läßt die Französische Nordbahn die Maschinen und Kessel ihrer großen Dampfwagen durch nur einen Mann bedienen. Es ist auch zuzugeben, daß im allgemeinen bei Dampfwagen unter sonst gleichen Betriebs- und Streckenverhältnissen die Bedienung durch nur einen Mann etwas leichter gestattet werden kann als bei kleinen Lokomotiven, namentlich bei sehr kleinen Ausführungen der Dampfwagen und

Digitized by Google

deren Kessel und Maschinen, geringer Fahrgeschwindigkeit und leichten Streckenverhältnissen. Die Feuerung und die Maschinen der Dampfwagen sind doch durchweg mit weniger Arbeits- und Zeitaufwand, wenn auch nicht mit geringerer Aufmerksamkeit, zu bedienen als die Feuerung und die Maschinen von Lokomotiven, die doch auch in ihren kleinsten Ausführungen noch viel erheblichere Abmessungen haben als die maschinellen Einrichtungen kleiner Dampfwagen. Der Führerstand von Dampfwagen ist auch immerhin durchweg etwas leichter und schneller vom Wageninnern aus zugänglich zu machen als eine Lokomotive, und ein Dampfwagen ist auch im allgemeinen im Gefahrfalle etwas schneller stillzusetzen als ein verkehrstechnisch gleichwertiger Lokomotivzug infolge seines geringeren Gewichtes und der größeren Leichtigkeit, zuverlässige Einrichtungen zum Stillsetzen von einer außerhalb des Führerhauses gelegenen Stelle aus anzubringen.

5. Der Kraftbedarf.

Der Kraftbedarf richtet sich nach dem Wagengewicht, nach der Höchstgeschwindigkeit, die für eine längere Zeit eingehalten werden soll, und nach den größten vorkommenden Steigungen.

Die Höchstgeschwindigkeit kann für Nebenbahnen auf 30 bis 50 km, für Hauptbahnen bis zu 75 km/st angenommen werden. Auf die Festsetzung der Höchstgeschwindigkeit hat die Güte des Oberbaues und die Einrichtung der Wagen bestimmenden Einfluß.

Wagen mit elektrischen Sammlerbatterien und benzinelektrische Wagen greifen bei gleicher Fahrgeschwindigkeit den Oberbau weit weniger an als Dampfwagen von gleichem Gewicht infolge der geringeren Stoßwirkung der bewegten Massen der Maschinen. Ebenso schonen vierachsige Drehgestellwagen, auch bei etwas höherem Gesamtgewicht, den Oberbau infolge des geringeren Raddrucks und des ruhigeren Laufes weit mehr als zwei- und dreiachsige Wagen. Sind vereinzelt starke Steigungen vorhanden, so kann es vorteilhaft sein, zur Erzielung der nötigen Zugkraft im Motor ein Wechselgetriebe auch für kleine Geschwindigkeiten anzuordnen.

Das Wagengewicht richtet sich nach der zu befördernden Personenzahl und nach der Bauart der Wagen. Zweiachsige Wagen können verhältnismäßig leichter gebaut werden als Drehgestellwagen, finden aber als Motorwagen nur für geringe Geschwindigkeiten Verwendung, weil sie bei hohen Fahrgeschwindigkeiten leicht unruhig laufen.

Für eine überschlägige Berechnung läßt sich das auf einen Sitzplatz entfallende Wagengewicht aus der folgenden Zusammenstellung entnehmen, deren Zahlen sich als Mittel aus den ausgeführten Anordnungen ergeben.

Dienstgewicht auf einen Sitzplatz für Wagen ohne Gepäckraum und mit nur einer Wagenklasse, ohne Fahrgäste für:

zweiachsige	Motorwagen . . .	400 bis 500 kg
„	Anhängwagen . .	140 „ 250 „
vierachsige	Motorwagen . . .	400 „ 650 „
„	Anhängwagen . .	350 kg.

Die niedrigeren Zahlen gelten für Wagen von Nebenbahnen, welche infolge der geringeren Fahrgeschwindigkeit, sowie infolge des Umstandes,

daß sie nicht mit anderen schweren Wagen oder Lokomotiven in Berührung zu kommen brauchen, leichter gehalten werden können. Besonders leicht gebaute zweiachsige Motorwagen, wie die in Arad verwendeten einfachen benzinelektrischen Wagen ohne Batterie und ohne Gepäckraum, gehen bis auf 340 kg Gewicht auf einen Sitzplatz herunter, während neuere schwere in Amerika gebaute vierachsige gasolinelektrische Wagen für Hauptbahnen mit Speicherbatterie und mit Gepäckraum bis zu 1480 kg und die schwersten neueren amerikanischen Dampfwagen bis zu 1310 kg auf einen Sitzplatz wiegen. Schmalspurige vierachsige Motorwagen für 0·76 m Spurweite werden mit etwa 350 kg Gewicht auf einen Sitzplatz ausgeführt.

Wenn ein Gepäckabteil oder mehr als eine Wagenklasse vorgesehen ist, sowie bei besonders guter Ausstattung der Wagen, erhöht sich das Gewicht um 100 bis 200 kg für jeden Sitzplatz.

Zu dem Wagendienstgewicht sind für jede zu befördernde Person einschließlich Gepäck 75 kg zuzuschlagen, um die gesamte Belastung für die Maschine zu erhalten.

6. Eigenwiderstand der Fahrzeuge.

Der Eigenwiderstand der Motorwagen und der Anhängwagen wird angenähert für die auf ebener gerader Strecke oder auf einer längeren Steigung einzuhaltende bestimmte Geschwindigkeit nach bekannten Widerstandsformelm berechnet.

Wird

mit V die Geschwindigkeit in km/st bezeichnet,
„ G das Eigengewicht des Motorwagens einschließlich Fahrgäste,
„ G_1 „ „ „ Anhängwagens einschließlich Fahrgäste,
„ w der Eigenwiderstand des Motorwagens für 1 t Gewicht,
„ w_1 „ „ „ Anhängwagens für 1 t Gewicht,
„ Z die indizierte Zugkraft des Motors,
„ S „ Steigung in m auf 1 km,

dann ist für den Widerstand auf die Tonne Zuggewicht zu setzen:

a) für zweiachsige Wagen nach den Ermittlungen von Leitzmann[1])

$$w = 2{\cdot}8 + \frac{V^2}{470} + S$$

$$w_1 = 1{\cdot}3 + \frac{V^2}{603} + S$$

b) für vierachsige Wagen nach von Borries[2]) und Frank:

$$w = 4 + 0{\cdot}027\,V + 0{\cdot}0007\,V^2 + S$$
$$w_1 = 1{\cdot}5 + 0{\cdot}012\,V + 0{\cdot}0003\,V^2 + S$$

Dann ergibt sich ferner die erforderliche indizierte Zugkraft als

$$Z = w \cdot G + w_1 \cdot G_1$$

und die erforderliche Maschinenleistung in indizierten Pferdestärken zu

$$N = \frac{Z \cdot V}{270}$$

[1]) Verhandl. Ver. z. Beförder. d. Gewerbfleißes, Sept. 1905.
[2]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1904.

Digitized by Google

7. Die Vorräte.

Die Größe der Vorratbehälter für Wasser, Koks, Kohle, Petroleum und Benzin, sowie die Ladefähigkeit der elektrischen Sammlerbatterien ist so zu bemessen, daß die weiteste zwischen zwei Speisepunkten vorkommende Fahrstrecke auch unter schwierigen Verhältnissen, wie Schnee, Glatteis und Gegenwind, mit Sicherheit zurückgelegt werden kann.

Für mittlere Fahrgeschwindigkeiten von 40 bis 50 km/st auf Flachlandstrecken kann man folgende Zahlen für den Brennstoffverbrauch eines zweiachsigen Dampfwagens mit zwei ebenfalls zweiachsigen Anhängwagen bei einem gesamten Zuggewicht von rund 50 t und einer Maschinenleistung von 50 bis 80 PS annehmen:

Kohlen- oder Koksverbrauch auf ein Zugkilometer	3 bis 4 kg
Verbrauch an Rohpetroleum	1 bis 1·3 kg
Wasserverbrauch	16 bis 20 l

bei Anwendung von starker Überhitzung.

Die Great Westernbahn rechnet für ihre vierachsigen Dampfwagen von 43 t Gewicht mit 66 Plätzen und ihre ebenfalls vierachsigen Anhängwagen von 28 t Gewicht mit 80 Plätzen bei einer größten Fahrgeschwindigkeit von 30 Meilen (48 km)/st auf flachen Strecken den Verbrauch an Kohle zu:

12 Pfd. auf die englische Meile (3·4 kg auf 1 km) für den Dampfwagen allein, bis zu 20 Pfd. auf die Meile (5·6 kg auf 1 km) für den Dampfwagen mit einem Anhängwagen (71 t Gewicht, 146 Plätze) und bis zu 24 Pfd. auf die Meile (6·8 kg auf 1 km) für den Dampfwagen mit zwei Anhängwagen (99 t Gewicht, 226 Plätze). Dabei ist zu bemerken, daß die englische Kohle durchweg etwa im Verhältnis 8 : 7 höheren Heizwert hat als unsere gute Durchschnittskohle für Kesselfeuerung.

Für einen benzinelektrischen zweiachsigen Wagen von 16 t Dienstgewicht ist bei einer Fahrgeschwindigkeit von 50 bis 60 km/st und einer Maschinenleistung bis zu 70 PS ein Benzinverbrauch von 0·6 kg auf ein Zugkilometer anzunehmen, für einen gleichartig eingerichteten Wagen von 13 t Dienstgewicht bei einer höchsten Fahrgeschwindigkeit von 35 km/st und einer Maschinenleistung bis zu 30 PS ein solcher von 0·4 kg.

8. Allgemeine Anordnung der Motorwagen.

Der Zweck, dem ein Motorwagen dienen soll, ist bestimmend für die Größe des Wagens, die Anordnung der Achsen und die Verteilung der Räume im Innern des Wagens.

Entscheidend für die Größe des Wagens ist die Zahl der zu befördernden Personen, die Menge des Reisegepäcks, insbesondere dort, wo Lokomotivzüge gar nicht oder nur in geringer Anzahl verkehren, und die Notwendigkeit der Anordnung besonderer Abteilungen. Auf einem kleinen Wagen lassen sich außer den für die Antriebmaschine und für den Führer bestimmten Räumen besondere Abteile für Reisende II. und III. Klasse, für Raucher und Nichtraucher sowie für Gepäck nicht wohl unterbringen. Hingegen würde ein den zweiachsigen Straßenbahnwagen ähnlicher Motorwagen vielleicht ausreichen, wenn man bei nicht besonders starkem Verkehr nur einen Raum für die Fahrgäste gebraucht. Bei einem mit den Tagen oder zu bestimmten Tageszeiten stark wechselnden Verkehr hilft

Digitized by Google

Zahlenangaben zu einigen bemerkens-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Lfd. Nr.	Art der Motoren	Anzahl der Achsen	Eigentums-Verwaltung	Erbauer	Abb. Nr.	Anzahl der Sitzplätze[1]		Länge des Wagenkastens einschl. Führerstand	Abteile für Reisende Länge in		Gepäckabteil Länge in		Führerabteile Länge in		Gewicht[2]		
						I. II.	III.			% der Wagenkastenlänge		% der Wagenkastenlänge		% der Wagenkastenlänge	insgesamt leer	insgesamt betriebsfähig (ohne Reisende)	auf den Triebrädern (vollbesetzt)
						Kl.		m	m		m		m		t	t	t
1	Dampf	2	Österreich. Staatsbahnen	Komarek	1	10	25	9·6	5·2	54	1	10	2·4	25	21·6	25·0	14·3
2	,,	4	Niederungar. landwirtsch. Bahn	Ganz u. Co.	2	—	17	6·4	2·5	40	1·55	24	1·55	24	—	8·6	—
3	,,	3	Niederösterreich. Landesbahnen	Komarek	3	10	25	9·4	5·4	57	1·4	15	2·6	28	24·0	26·0	—
4	Benzin	2	Böhmische Lokalbahnen	Daimler	4	16	12	9·0	6·0	67	—	—	3·0	33	—	12·0	6·5
5	,,	2	Württemberg. Staatsbahnen	,,	—	—	44	10·1	7·3	72	—	—	2·8	28	—	12·5	—
6	Dampf	3	Orléansbahn	Purrey	5	25	30	15·6	9·5	61	3·5	22	2·6	17	27·0	29·5	8·7 leer
7	,,	4	Kerkerbach-bahn	Komarek	—	8	25	15·0	7·8	52	3·1*	21	3·1	21	20·0	22·7	7·0
8	,,	5	Niederösterreich. Landesbahnen	,,	—	—	44	14·6	8·4	58	1·3	9	3·85	26	19·0	23·0	12·0
9	,,	4	Italien. Staatsb.	Officine Meccaniche (Mailand)	—	16	50	18·24	11·78	65	1·27	6·9	5·2	28·5	37·6	41·5	12·5
10	,,	4	Portugies. Staatsbahn	A. Borsig	6	20	40	16·85	9·9	59	2·25	13	3·75	22	—	41·0	26·0
11	,,	4	Ungarische Staatsbahnen	Ganz u. Co.	7	20	70	18·4	12·2	66	1·4	7·6	2·0	11	26·3	28·9	—
12	,,	4	Taff Vale Bahn	Kerr, Stuart u. Co.	8	12	40	16·6	10·8	65	—	—	—	—	—	33	—
13	,,	4	Lancashire und Yorkshire-Bahn	Werkstätte Horwich	10	—	48	18·8	—	—	—	—	—	—	—	33	—
14	,,	6	Französische Nordbahn	—	11	24	30	25·19	16·52	66	2·37	9·4	4·2	16	40·7	43	14·16
15	Gasolin	4	Union Pacific-Bahn	Werkstätte in Omaha	—		75	16·76	12·77	76	—	—	3·86	23	—	27·7	—
16	Benzin-elektrisch	2	Arader und Csanader Bahnen	J. Weitzer	31	12	24	12·33	7·0	57	1·2	9·8	2·0	16	—	16·36	—
17	,,	4	Arad-Hegyalja	J. Weitzer	34	24	16	12·2	8·3	68	1·13	9·3	1·97	16	—	18·6	—
18	,,	3	Eisenbahn-Direktion Mainz	Werkstatt Tempelhof (Umbau)	35	—	60	10·5	10·5	100	—	—	—	—	—	33·5	—

[1]) Zu Sp. 8: Stehplätze sind nicht mit berücksichtigt.
[2]) Zu Sp. 17: Durchweg mit halben Vorräten gerechnet.

Digitized by Google

werten Anordnungen von Motorwagen.

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	Zylinder								Dampfkessel					
Dienstgewicht ohne Reisende auf 1 Sitzplatz	Durchmesser	Hub	Anzahl	Triebraddurchmesser	Übersetzung	Dampfdruck in Atm. Überdruck	Zugkraft in kg an den Schienen gemessen	Pferdestärken	Heizfläche[3]) ohne Überhitzer	Rostfläche	Kohlenvorrat kg Benzinvorrat kg	Wasservorrat	größte Fahrgeschwindigkeit km/st	Bem.
kg	mm	mm		mm					qm	qm		l		
714	250/390	400	2	990	—	13	—	100	22·6	0·52	500	1700	60	zu Sp. 30: und 500 l Petroleum.
506	—	—	2	—	?	18	—	25	—	—	100	780	40	0,76 m Spur.
743	260/380	450	2	1000	—	13	—	150	31·7	0·95	500	1600	50	
429	—	—	4	—	?	—	—	25	—	—	100	—	35	
284	—	—	4	1000	—	—	—	30	—	—	—	—	50	
536	160/220	225	4	1050	2 : 3	20	—	200	24·6	1·1	600	1250	70	
688	200/300	250	2	630	—	14	—	—	20·0	0·65	500	1500	40	*zu Sp. 12: einschl. Post. 1·0 m Spur.
523	240	350	2	790	—	13	—	150	29·0	0·95	750	2000	40	0·76 m Spur.
629	228	381	2	1042	—	12	1500	—	38·8	—	850	1300	—	
683	—	—	2	1000	—	13	—	—	22·0	0·95	—	—	60	1·676 m Spur.
321	—	—	2	1020	—	18	—	80	—	—	—	—	—	
634	229	356	2	864	—	11	1940 bei 40 km/st	—	32·2	0·74	500	2400	64	andere haben bis 73 Sitzpl.
688	305	406	2	1110	—	12·6	3400	—	47·3	0·87	1000	2500	—	
796	195/250	320	2	1040	—	18	2100	—	29·6	0·99	1100	2650	60	andere Wagen mit etwas abweichendem Kessel.
370	—	—	6	—	—	—	—	230	—	—	—	—	80	
453	—	—	4	1000	—	—	—	70	—	—	—	—	60	Wagen mit 48 Sitzpl. nur III. Kl. ohne Gepäckraum haben das gleiche Gewicht (340 kg auf 1 Sitzpl.)
465	—	—	4	830	—	—	—	70	—	—	—	—	—	1 m Spur.
560	—	—	—	1000	—	—	—	50	—	—	—	—	45	

[3]) Zu Sp. 28: Es ist nicht immer festzustellen, ob wasserberührte oder feuerberührte Heizfläche gemeint ist, die Fabriken pflegen mit der ersteren, die Eisenbahnen mit der letzteren zu rechnen.

Digitized by Google

man sich durch die Verwendung von Anhängwagen, doch hat dieses Mittel bald eine Grenze, da bei zu großer Belastung der Motor unwirtschaftlich arbeitet oder gänzlich versagt. Hierin sind allgemein viele Fehler gemacht worden, indem die Leistungsfähigkeit der zuerst beschafften, von den Fabriken angebotenen Motorwagen durchweg zu gering bemessen war und deshalb Maschinen und Kessel überlastet wurden.

In der Regel geht man nicht über zwei Anhänger hinaus.

Die Größe des für Gepäck und Fahrgäste erforderlichen Raumes, die Menge der Vorräte und das Maschinen- und Kesselgewicht ergeben das Gesamtgewicht des Motorwagens, das so auf die Achsen verteilt werden muß, daß der zulässige Raddruck nicht überschritten wird. Aus dem Gesamtgewicht des Motorwagens läßt sich also die der Tragfähigkeit des Oberbaues entsprechende Zahl der mindestens erforderlichen Achsen, aus dem erforderlichen Reibungsgewicht die Zahl der anzutreibenden Achsen bestimmen. Nach diesen Gesichtspunkten sind zwei-, drei- und vierachsige Wagen gebaut worden. Auf schmalspurigen Strecken der Niederösterreichischen Landesbahnen verkehren sogar fünfachsige Dampfwagen, wobei ein dreiachsiges Drehgestell die Maschine und den Kessel trägt und zwei gekuppelte Achsen nebst einer vorderen Laufachse mit starker seitlicher Verschiebbarkeit hat.[1])

Die zweiachsigen Wagen müssen, um ruhig zu laufen, einen großen Radstand (nicht unter 5 m) erhalten und büßen dadurch an Kurvenbeweglichkeit ein. Bei den zweiachsigen Wagen muß aber vor allen Dingen für eine geschickte Massenverteilung Sorge getragen werden, da anderenfalls schon bei niedriger Geschwindigkeit ein Nicken und Schlingern des Wagens zu befürchten ist. Vollkommen gleichmäßig läßt sich die Massenverteilung nur bei Wagen mit Antrieb durch elektrische Speicherbatterien durchführen, recht gut auch bei benzinelektrischen Wagen. Bei Benzinwagen mit mechanischer Kraftübertragung und besonders bei Dampfmotorwagen muß dagegen stets mit störenden Eigenbewegungen gerechnet werden.

Die Zusammenstellung a. S. 412/13 enthält nähere Angaben betreffend die Anordnung der wichtigsten, hier besprochenen Motorwagen.

9. Anordnung der Achsen und des Antriebs.

In Abb. 1 u. 2 sind zweiachsige und vierachsige Motorwagen mit verschiedenen Antriebseinrichtungen dargestellt. Abb. 1 zeigt einen normalspurigen zweiachsigen Dampfwagen mit zwei außenliegenden Zylindern, Verbundmaschine mit Überhitzung, deren Kolben mittels Schubkurbeltriebes unmittelbar auf eine Achse des Wagens wirken. Abb. 2 zeigt den Antrieb eines vierachsigen schmalspurigen Dampfwagens mit schnellaufender zwischen den Rädern liegender Maschine, die mittels Zahnradvorgeleges auf eine Achse wirkt. Bei diesen beiden Dampfwagen ist die Vorderachse unter den Schwerpunkt des Kessels gelegt, um ein Überhängen des Kessels, das ein Nicken hervorrufen könnte, zu vermeiden. Bei dem zweiachsigen Wagen Abb. 1 ist weiterhin die zweite Wagenachse zur möglichsten Entlastung der Triebachse unsymmetrisch zu dieser weiter von dem rückwärtigen Ende des Wagens abgerückt. Die Dampfmaschine ist in beiden

[1]) Glasers Annalen 1907, Bd. 61, Tafel I.

Digitized by Google

Fällen möglichst nahe an die Mitte des Wagens herangerückt, um die störenden Bewegungen, die durch die Rückwirkung des Dampfdrucks auf

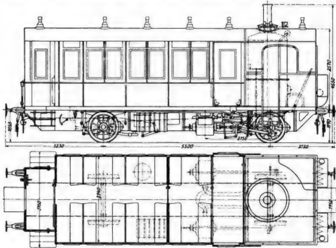


Abb. 1. Zweiachsiger Dampfwagen von F. X. Komarek.

Abb. 1a. Zweiachsiger Dampfwagen von F. X. Komarek.

den Wagenrahmen hervorgerufen werden, so gering wie möglich zu halten. Die schnellaufende innen liegende Maschine ist hierfür geeigneter, verursacht jedoch etwas höhere Unterhaltungskosten und auch leichter Be-

Digitized by Google

triebsstörungen durch Brüche eines der sehr leicht gehaltenen Maschinenteile. Abb. 22 und 23 zeigen die Einzelheiten dieses Antriebs.

Zweiachsige Dampfwagen laufen bei der Fahrt mit der Triebachse voraus etwas hart in die Kurven ein. Mildern läßt sich dies durch die Ausbildung der Triebachse als Lenkachse. Besser wird indessen eine dritte führende Laufachse vor die Triebachse gestellt und entweder seitlich verschiebbar oder nach den Krümmungsmittelpunkten einstellbar gemacht. Hierdurch wird auch die sonst meist reichlich belastete Triebachse

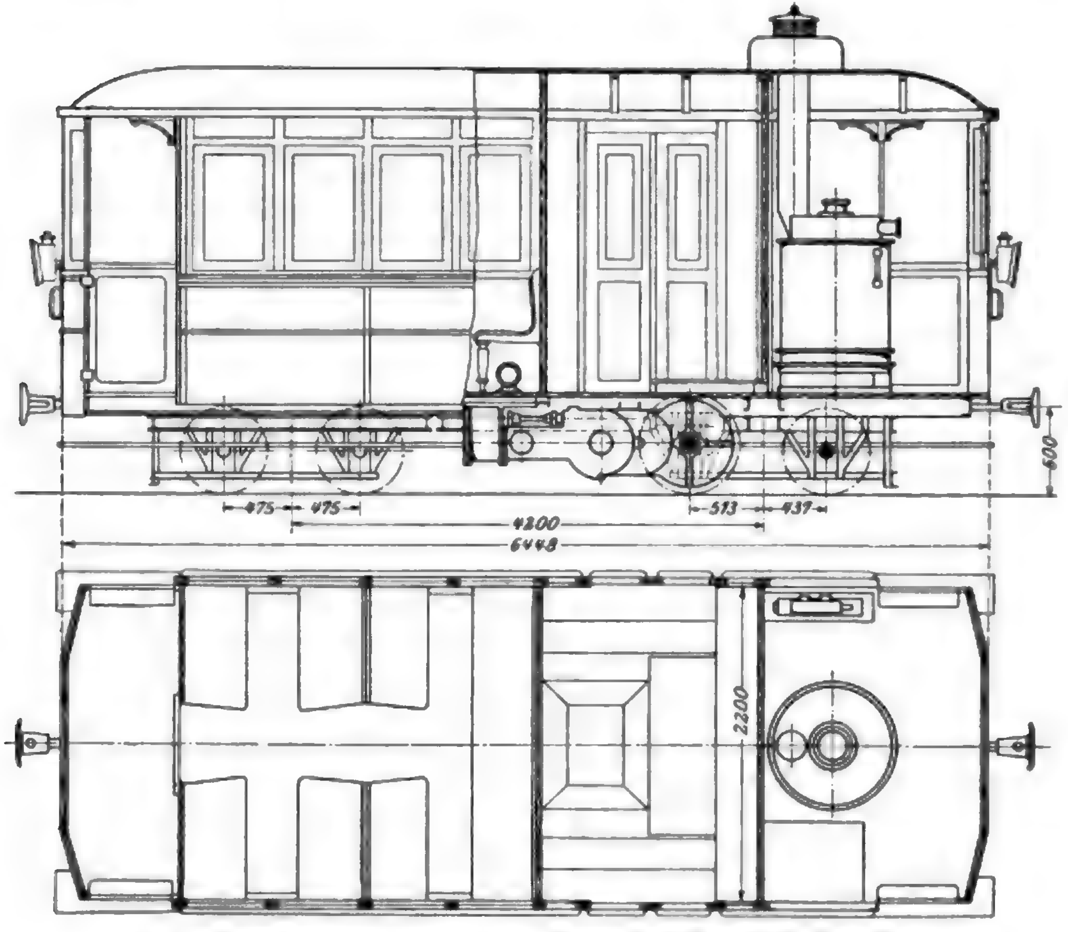


Abb. 2. Vierachsiger schmalspuriger Wagen der Bauart de Dion-Bouton.

wirksam entlastet und die rückwärtige Achse kann näher an das betreffende Wagenende gelegt werden (Abb. 3), was wieder vorteilhaft für den ruhigen Lauf des Wagens ist.

Leichter als bei zweiachsigen Dampfwagen ist die Gewichtsverteilung bei zweiachsigen Benzinwagen, auch bei unmittelbarem Antrieb der Wagenachse durch mechanische Kraftübertragung. Der notwendig an einem Wagenende aufzustellende Kessel der Dampfwagen fehlt hier und die Maschine kann so angeordnet werden, daß ihr Gewicht dem des Wechselgetriebes das Gleichgewicht hält (vgl. Abb. 4).

Auf allen diesen Wagen machen sich die Erschütterungen, welche durch die Maschine unmittelbar auf den Wagenrahmen übertragen werden, für die Fahrgäste mehr oder weniger unangenehm fühlbar, besonders bei größeren Geschwindigkeiten. Dieser Übelstand läßt sich dadurch ver-

Digitized by Google

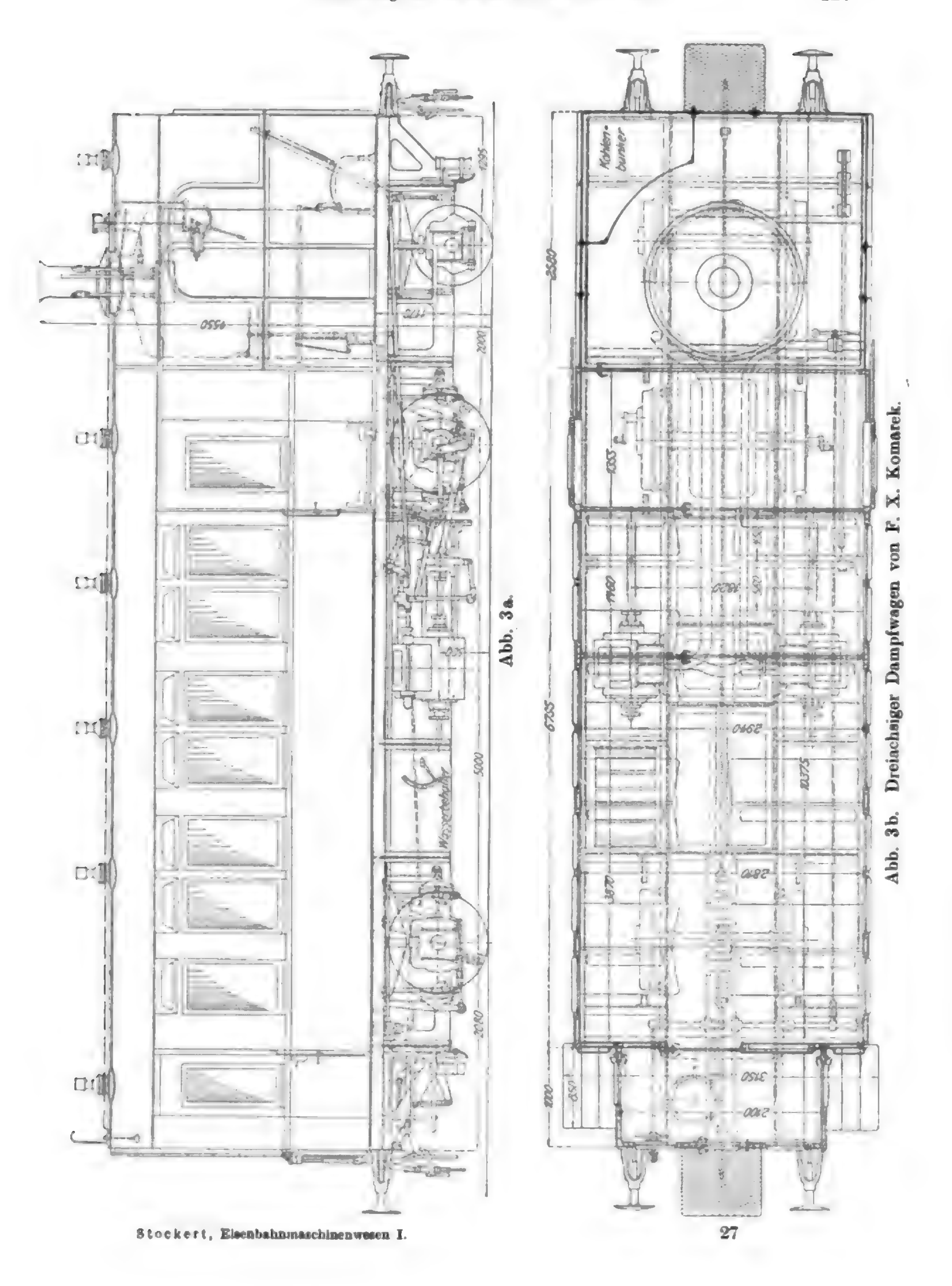


Abb. 3a.

Abb. 3b. Dreiachsiger Dampfwagen von F. X. Komarek.

meiden oder wenigstens stark herabmindern, daß die Betriebsmaschine auf einem besonderen Drehgestell gelagert wird, welches gegen das Wagengestell gut abgefedert ist. Ob auch das Hinterende des Motorwagens auf einem Drehgestell gelagert wird, oder ob man sich mit einer festen Lauf-

Abb. 3c. Dreiachsiger Dampfwagen von F. X. Komarek.

achse oder mit einer Lenkachse begnügen will, hängt von den Krümmungsverhältnissen der Strecken, von der erforderlichen Fahrgeschwindigkeit, von der Tragfähigkeit des Oberbaues und von dem Gewichte des Wagens ab. Bei starken Krümmungen und bei hohen Geschwindigkeiten wird ein zweites Drehgestell vorzuziehen sein. Auch kann ein solches bei schwachem Oberbau oder schweren Wagen erforderlich werden zur Verminderung des Raddrucks.

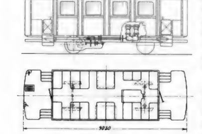


Abb. 4. Zweiachsiger Daimlerscher Benzinwagen.

Abb. 5 zeigt einen dreiachsigen Purrey-Wagen der Orléansbahn, der in seiner ganzen Bauart gut durchgebildet ist und für mittlere Leistungen den Anforderungen ebenso gut entspricht, wie die Wagen von Komarek und wie die Wagen von de Dion-Bouton und Stoltz für kleinere bis mittlere Leistungen. Maschine und Kessel sind bei dem Purrey-Wagen auf einem von dem Wagenkasten leicht trennbaren Drehgestell untergebracht. Die schnellaufende Maschine liegt zwischen den Rädern, ähnlich wie bei den Maschinen von de Dion-Bouton und Stoltz und treibt eine Achse mit Übersetzung ins langsame an und zwar mittels Zahnräder und Gallscher Kette (Abb. 25).

Abb. 6 zeigt einen für die Portugiesische Staatsbahn von A. Borsig ge-

Digitized by Google

lieferten vierachsigen Dampfwagen[1]), bei dem beide Achsen des Maschinendrehgestells gekuppelt sind. Der Wagenkasten ruht auf dem Maschinen-

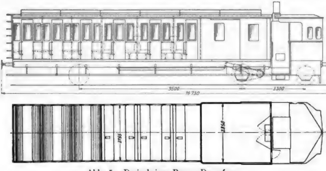


Abb. 5. Dreiachsiger Purrey-Dampfwagen.

drehgestell mit seitlichen Federn und Gleitschuhen und ist ebenfalls leicht von dem Drehgestell zu lösen.

Abb. 5a. Drehgestell des dreiachsigen Purrey-Dampfwagens.

Abb. 7 stellt einen normalspurigen vierachsigen Dampfwagen, Bauart de Dion-Bouton, der Ungarischen Staatsbahnen dar. Bei diesem von

[1]) Eisenbahntechn. Zeitschr. 1907, Heft 3.

Digitized by Google

Ganz & Comp. gebauten Wagen von 80 PS Maschinenleistung ist nur die rückwärtige Achse des vorderen Drehgestells durch die zwischen den Rädern in das Drehgestell eingebaute schnellaufende Maschine angetrieben.

Abb. 8 stellt einen vierachsigen Dampfmotorwagen der Taff Vale Bahn bei Cardiff in Wales dar, die mit als erste vor vier Jahren den Betrieb mit Motorwagen in England wieder aufgenommen und seitdem weiter entwickelt hat. Hier ist ebenfalls nur eine Achse, und zwar die Vorderachse, angetrieben, die Dampfzylinder liegen zwischen den Achsen[1]). Wagen ähnlicher Gesamtbauart, nur mit anderen Kesseln und mit Unterschieden in den Einzelheiten, sind in England vielfach in Gebrauch. Je nach den Streckenverhältnissen sind eine oder beide Achsen des Maschinendrehgestells angetrieben.

Für die Strecke Adriatico — Fermo — Amandola, südlich von Ancona in Italien, sind kürzlich von Ganz & Comp. vierachsige Dampfwagen (Abb. 9) gebaut worden, deren sämtliche vier Achsen von der in der Mitte des Wagens unter dem Boden angeordneten Maschine aus angetrieben werden. Die Maschine ist fest mit dem Hauptrahmen des Wagens verbunden, so

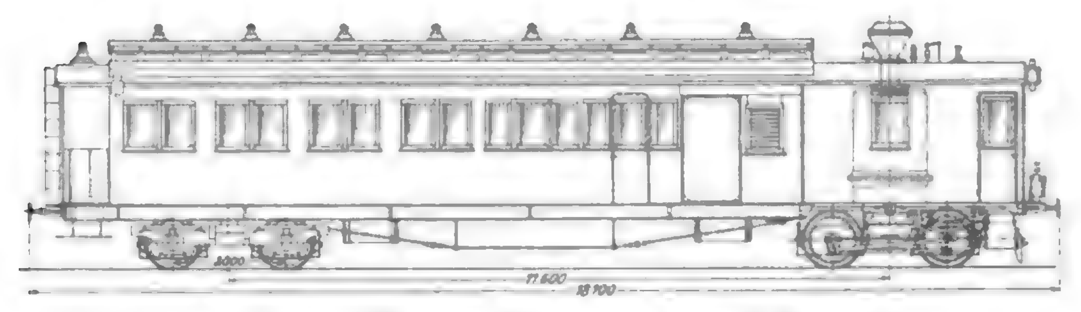


Abb. 6. Vierachsiger Dampfwagen von A. Borsig.

daß von dem an einem Ende des Wagens aufgestellten Kessel aus eine starre Dampfleitung zu der Maschine hingeführt werden konnte. Von der Maschine aus wird der Antrieb auf die Achsen der Drehgestelle durch eine in der Längsachse des Wagens unter dessen Boden angeordnete Welle mittels Kreuzgelenken und Kegelrädern übertragen. Die betreffende Strecke hat 1 m Spurweite und eine 260 m lange stärkste Steigung von 75 v. T. (1:13·3), auch Krümmungen von 25 m Halbmesser, die aber nicht in dieser Steigung liegen. Die Wagen haben bei Probefahrten auf einem entsprechenden in der Fabrik angelegten Probegleis, bei dem noch erschwerend die schärfste Kurve in die Steigung gelegt war, bestanden und konnten deshalb hier schon mit erwähnt werden. Kessel und Maschinen haben die Bauart de Dion-Bouton, die größte Maschinenleistung beträgt 80 PS.

Der am stärksten geneigte Teil der ganzen Strecke hat ein Steigungsverhältnis von 75‰ (1 : 13 · 3), das indessen wahrscheinlich auf 70‰ ermäßigt wird. Die größte Länge einer solchen Steigung beträgt 260 m. Dieser Teil der Strecke liegt auf der ungefähr 2 km langen Abzweigung von Fermo-Station in das Innere der Stadt Fermo mit einer durchschnittlichen Steigung von 45‰.

[1]) vgl. Revue générale des chemins de fer 1905, Juli; Engineering v. 24. August 1906; Railway Gazette vom 18. Januar 1907.

Digitized by Google

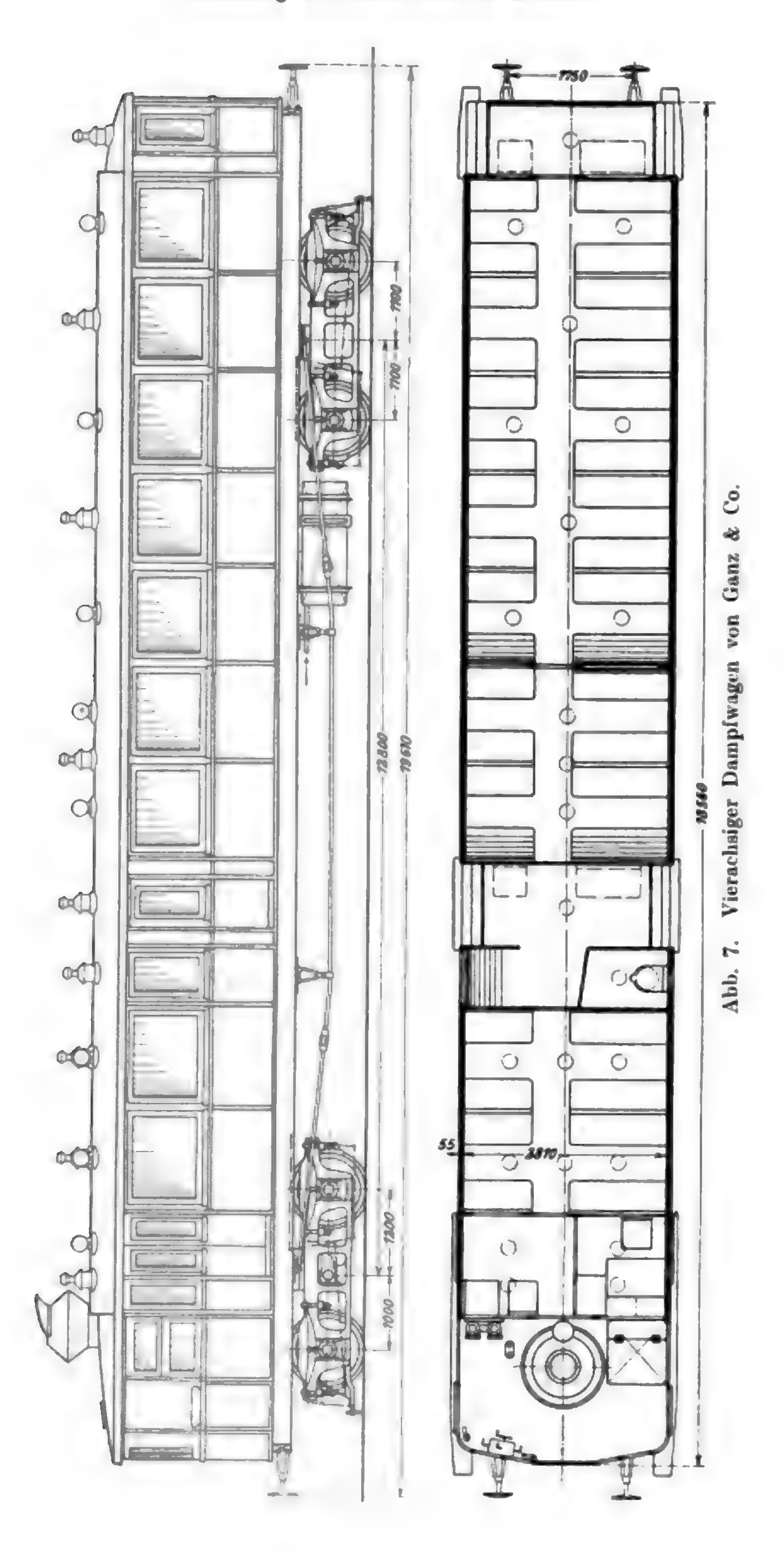


Abb. 7. Vierachsiger Dampfwagen von Ganz & Co.

Die auf dieser Strecke verkehrenden Motorwagen (Abb. 9) haben ein Dienstgewicht von etwa 20 t im unbeladenen Zustande und von 23 t im vollständig beladenen Zustande und sollen noch je einen Anhängwagen schleppen, der beladen 8 t wiegt. Die Anzahl der Sitzplätze dieser Motorwagen beträgt 7 in der I. Klasse und 25 in der III. Klasse. Außerdem ist ein kleiner Gepäckkasten für 700 kg Inhalt angebracht. Die äußere Kastenlänge der Motorwagen beträgt 9580 mm, die Kastenbreite 2200 mm. Die Leistung der Maschinen kann vorübergehend bei einer Zylinderfüllung von 75 % bis auf 120 PS gesteigert werden.

Die am stärksten geneigten Strecken der Hauptlinie haben ein Steigungsverhältnis von 30 ‰ bei einer Länge bis zu 2·2 km und von 26 ‰ bei einer Länge bis zu 4·56 km. Der schwierigste Teil der Hauptstrecke liegt zwischen dem Anfangspunkt Porto S. Giorgio und Fermo-Station, welch letztere sich auf der Höhe einer kleinen Wasserscheide befindet. Der Höhenunterschied beträgt hier rund 206 m, auf eine Gesamtlänge von 8 km, die durchschnittliche Steigung also rund 26 ‰ (1 : 39). Die Gesamtlänge der Hauptstrecke beträgt 56 km bei einem gesamten Höhenunterschiede der Endpunkte von 452 m. Die schärfste Krümmung auf

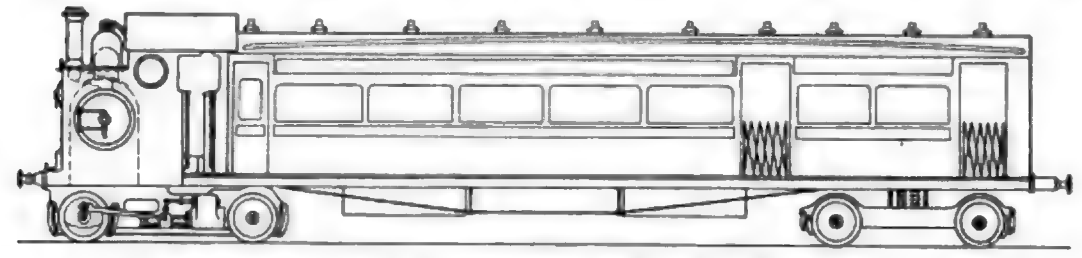


Abb. 8. Dampfwagen der Taff Vale Bahn.

der Hauptstrecke hat einen Halbmesser von 100 m, auf der Abzweigung von Fermo-Station nach Fermo-Stadt einen solchen von nur 25 m.

Auf der Hauptstrecke sollen etwas längere und entsprechend schwerere Motorwagen verkehren als auf der Zweiglinie. Dieselben haben eine äußere Kastenlänge von 13580 mm bei einer Kastenbreite von ebenfalls 2200 mm und enthalten 6 Sitzplätze I. Klasse, 25 Sitzplätze III. Klasse und einen Post- uud Gepäckraum von 3010 mm innerer Länge mit einem Fassungsvermögen von 2 t. Diese Motorwagen haben ein Dienstgewicht von etwa 33·5 t unbeladen und von 28 t vollständig beladen und sollen je 2 Anhängwagen schleppen, deren Gewicht vollständig besetzt je 10 t beträgt. Die Fahrgeschwindigkeit soll hierbei 16 km/st auf den Steigungen von 30 ‰, 20 km/st auf den Steigungen von 25 ‰ und 40 bis 45 km/st auf der ebenen Strecke betragen. Die Anordnung der Maschine nebst Kessel und der Kraftübertragung auf die Wagenachsen ist die gleiche wie bei den Motorwagen für die Abzweigung.

Auf dieser kleinen Gebirgsbahn kommt das bei den Motorwagen erreichbare verhältnismäßig große Reibungsgewicht voll zur Geltung.

Der Güterverkehr ist vom Personenverkehr vollständig getrennt und wird durch Vierzylinderverbundlokomotiven Malletscher Bauart mit 4 Achsen und mit einem Dienstgewicht von 32 t versehen.

In der Regel ist bei normalspurigen größeren und schwereren Dampfmotorwagen anderer Bauart die Maschine und der Kessel auf einem Dreh-

Digitized by Google

gestell untergebracht, während bei der Bauart de Dion-Bouton der Kessel gewöhnlich fest mit dem Hauptrahmen des Wagens verbunden und die Maschine in das Drehgestell eingebaut ist. Infolgedessen sind hier bewegliche Dampfleitungsrohre erforderlich.

Abb. 9. $^4/_4$-gek. Dampfwagen der Strecke Fermo-Amandola.

Bei größeren Kesselausbesserungen wird entweder der Kessel allein ausgewechselt, und zwar bei schwereren Kesseln am bequemsten mittels

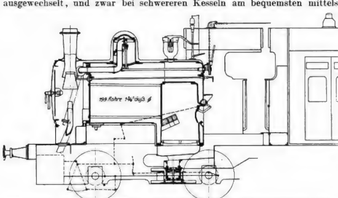


Abb. 10. Vordergestell eines Dampfwagens der Lancashire und Yorkshire Bahn.

Krans durch das Wagendach, oder es wird das ganze Drehgestell nebst Kessel und Maschine gegen ein bereit gehaltenes Ersatzdrehgestell ausgetauscht, um jeden Teil nur so lange als unbedingt erforderlich dem Betriebe entziehen zu müssen.

Abb. 10 stellt eine andere, ebenfalls in England mehrfach verwendete Bauart vierachsiger Dampfwagen dar, bei der das vordere Drehgestell

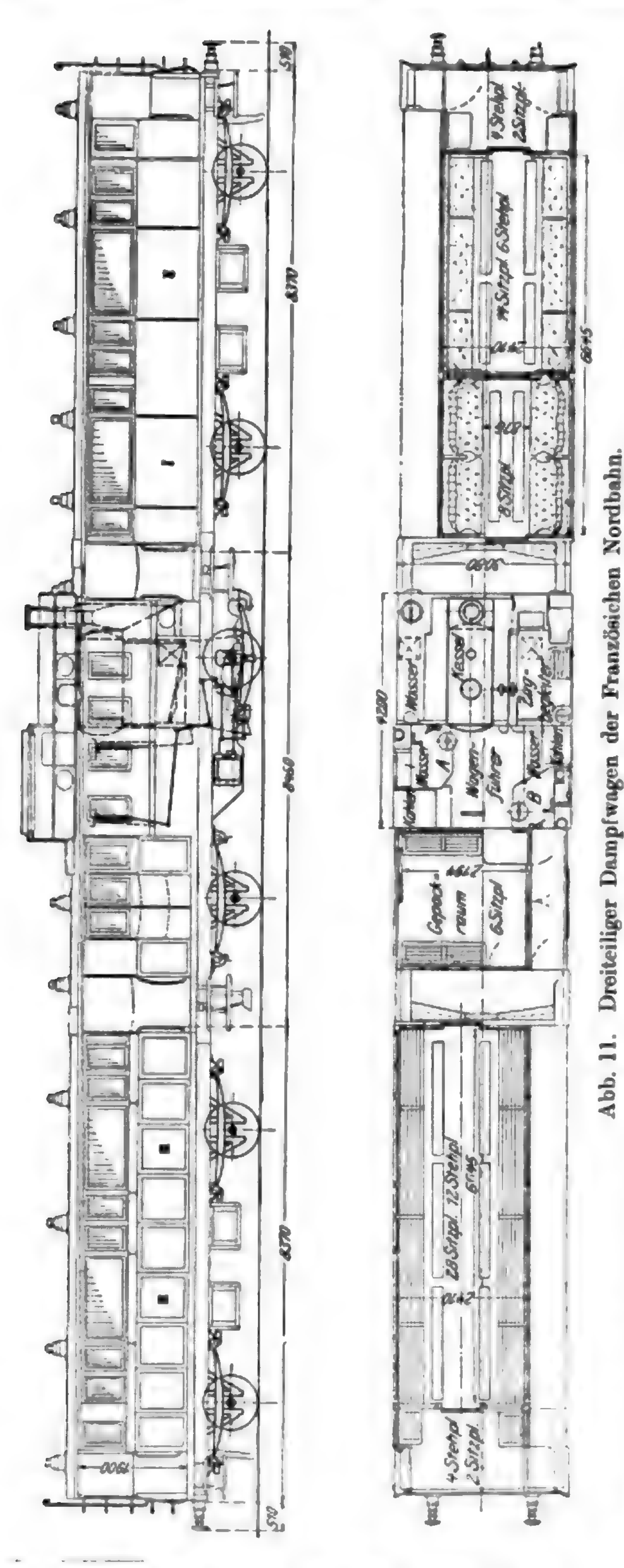


Abb. 11. Dreiteiliger Dampfwagen der Französischen Nordbahn.

durch eine kleine Lokomotive ersetzt ist. Die Zeichnung gibt das Vorderteil eines Wagens der Lancashire- und Yorkshire-Bahn wieder. Die Bayerischen Staatsbahnen verwenden ebenfalls Wagen ähnlicher Anordnung, bei der das Dampfdrehgestell eine selbständige kleine Lokomotive darstellt. Nur ist bei den bayerischen Wagen, wie auch bei manchen englischen und bei Wagen der Italienischen Staatsbahnen, die aus den Officine Meccaniche in Mailand hervorgegangen sind, die Lokomotive mit den darüber hinausgezogenen Wagenwänden umkleidet.

Leichte Lokomotiven. Noch etwas weiter geht man auf einigen englischen Bahnen, ferner auch in Bayern und Österreich, indem man für besonders ruhigen Gang gebaute kleine Lokomotiven vor einen Wagenzug spannt und zwar in England vor einen vier oder sechsachsigen Wagen oder auch vor zwei vierachsige Wagen. Wird der Wagenzug größer, so werden in England die kleinen Lokomotiven zwischen die Wagen gestellt. Der ganze Zug bleibt bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt unverändert in seiner Zusammensetzung[1]). Da-

[1]) Zeitg. Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907, Nr. 25.

Digitized by Google

bei wird verschiedentlich, ebenso wie bei Motorwagen mit Anhängern, die Einrichtung so getroffen, daß die Lokomotive von dem vorderen Ende des rückwärts fahrenden Zuges aus gesteuert werden kann (vgl. Abschn. 10e).

Verwandt mit der englischen Einrichtung, eine kleine Lokomotive zwischen zwei oder mehrere Wagen zu stellen, ist die Bauart des dreiteiligen Dampfwagens der Französischen Nordbahn[1]) (Abb. 11), der aus einer kleinen Lokomotive und zwei Wagen zusammengesetzt ist. Hier steht indessen der Maschinenführer auf dem erhöhten Stand der kleinen äußerlich als Wagen eingekleideten Lokomotive. Der Überblick über die

Abb. 12a. Leichte Lokomotive der London und South Western Bahn.

Strecke wird ihm noch dadurch erleichtert, daß vor seinem Fenster das Querprofil der beiden Wagen von oben her für beide Fahrtrichtungen einseitig tief eingeschnitten ist, indem dort nur ein niedriger über die ganze Länge der Wagen sich erstreckender Verschlag zur Unterbringung des Reisegepäcks angeordnet ist, über den der Führer hinweg auf die Strecke bis ziemlich dicht vor das Vorderende des ganzen Fahrzeugs sehen kann.

Abb. 12a stellt eine kleine zweiachsige Lokomotive der London und South Western Bahn für leichte Personenzüge dar[2]), Abb. 12b[3]) eine solche von Maffei gebaute kleine Lokomotive der Bayerischen Staatsbahnen, welche auf jeder Seite zwei Dampfzylinder hat, deren Kolben gegenläufig sind, während die zugehörigen Kurbeln um 180° gegeneinander versetzt sind, so daß ein vollständiger Ausgleich der bewegten Massen stattfindet.

[1]) Revue générale des chemins de fer, Jan. 1904.
[2]) Cassiers Magazine (London), Juni 1907.
[3]) Deutsche Straßen- und Kleinbahnztg. 1906, Nr. 47 u. 1907 Nr. 2.

Digitized by Google

Abb. 12c[1]) zeigt eine andere kleine Lokomotive derselben Eisenbahnverwaltung von Krauss, welche eine Blindwelle und innenliegende Zylinder hat, um auf diese Weise guten Ausgleich der Massen und ruhigen Gang zu erzielen. Solche Einrichtungen sind erforderlich, weil einerseits bei leichten Lokomotivzügen das Gewicht der Lokomotive verhältnismäßig groß ist gegenüber dem Gewicht der Wagen und weil andrerseits der Gepäckwagen zwischen der Lokomotive und dem ersten Personenwagen fehlt, so daß die Stöße und Erschütterungen der Lokomotive unmittelbar auf diesen Wagen übertragen werden. Abb. 12d[1]) stellt die neue kleine von Oberbaurat Gölsdorf entworfene Lokomotive mit Holdenscher Petroleumfeuerung dar, welche sich als sehr leistungsfähig für schnell-

Abb. 12b. Leichte Lokomotive der Bayerischen Staatsbahnen (Maffei).

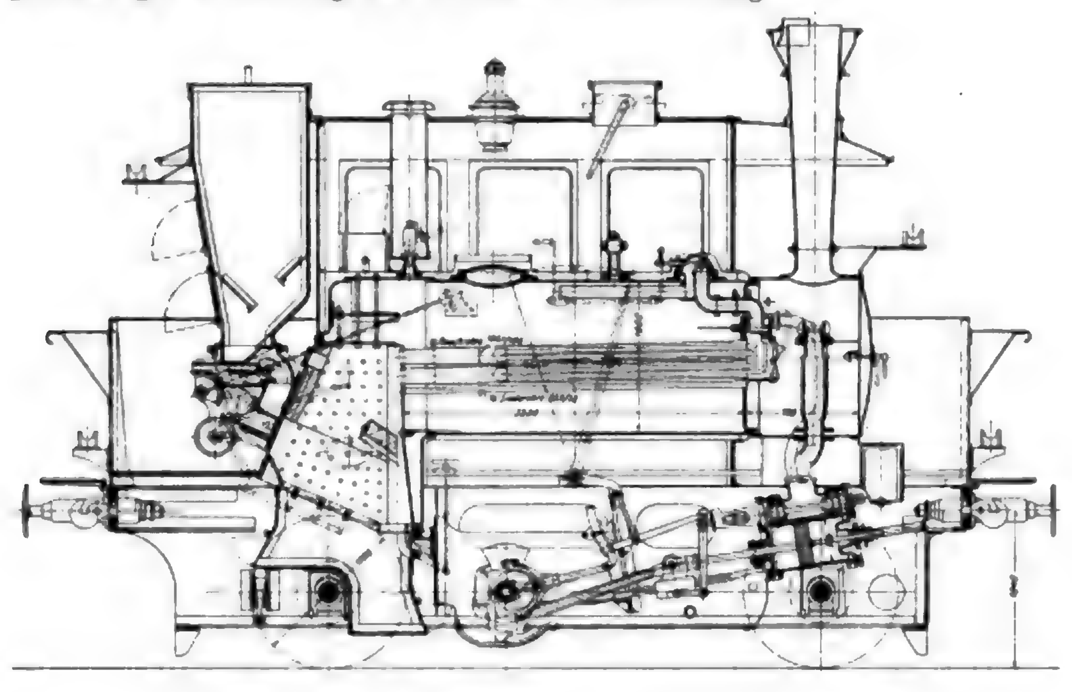
fahrende leichte Personenzüge erwiesen hat. Die Vorderachse ist weit vorgerückt, um ruhigen Lauf zu erzielen, hinten ist noch eine Laufachse Adamsscher Bauart angefügt.

Auf der im Betriebe der Vereinigten Arader und Csanáder Bahnen stehenden schmalspurigen Niederungarischen landwirtschaftlichen Bahn, dem ergiebigsten Versuchsfeld für leichte Betriebsmittel, wird in neuerer Zeit mit Erfolg eine kleine dreiachsige Lokomotive verwendet, welche je zwei de Dion-Bouton-Kessel und zwei auf die als freie Lenkachsen ausgebildeten äußeren Achsen wirkende de Dion-Bouton-Maschinen von je 35 PS Leistung hat. Die Maschinen und Kessel dieser kleinen Lokomotiven stimmen völlig mit denen der auf der gleichen Bahn verwendeten leichten vierachsigen Dampfwagen von 35 PS Maschinenleistung überein, können also gegen diese ausgetauscht werden und haben gleiche Ersatz-

[1]) Deutsche Straßen- und Kleinbahnztg. 1907, Nr. 33 u. Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1907, Nr. 27.

Digitized by Google

teile. Diese Lokomotive für einen Oberbau, der nur 2·2 t Raddruck zuläßt, geht also ebenfalls unmittelbar aus dem Motorwagenbetrieb hervor, wie mehr oder weniger auch die vorher besprochenen vier kleinen Lokomotiven. Bei der Niederungarischen landwirtschaftlichen Bahn ist auch eine benzinelektrische Lokomotive gleicher Leistung und auch mit sonst gleichartiger Anordnung des Antriebs in Verwendung.



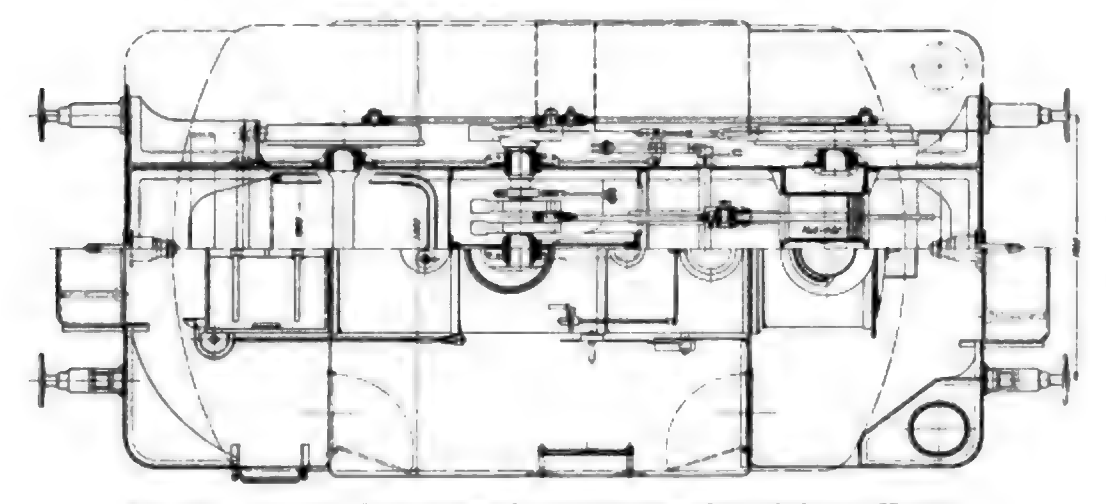


Abb. 12c. Leichte Lokomotive der Bayerischen Staatsbahnen (Krauss).

10. Einzelheiten der Dampfmotorwagen.

a) Kessel.

Die Bauart des Kessels ist für die Leistungsfähigkeit der Dampfwagen von größter Bedeutung. Der Kessel muß möglichst leicht und in möglichst kleinen äußeren Abmessungen gebaut werden und muß doch möglichst leistungsfähig sein, d. h. er muß eine möglichst große Wassermenge in der Zeiteinheit verdampfen können.

a) Kleinkessel besonderer Bauart.

Kessel mit kleinem Wasserraum und verhältnismäßig großer Heizfläche, wie Wasserrohrkessel der Bauart de Dion-Bouton (Abb. 13 und 13a) und der Plattenkessel von Stoltz[1]) (Abb. 14 und 14a) und andere entsprechen diesen Forderungen, sofern die Belastung der Maschine nicht innerhalb zu weiter Grenzen schwankt. Diese Kessel eignen sich deshalb am besten für leichten Betrieb auf Flachlandstrecken und für

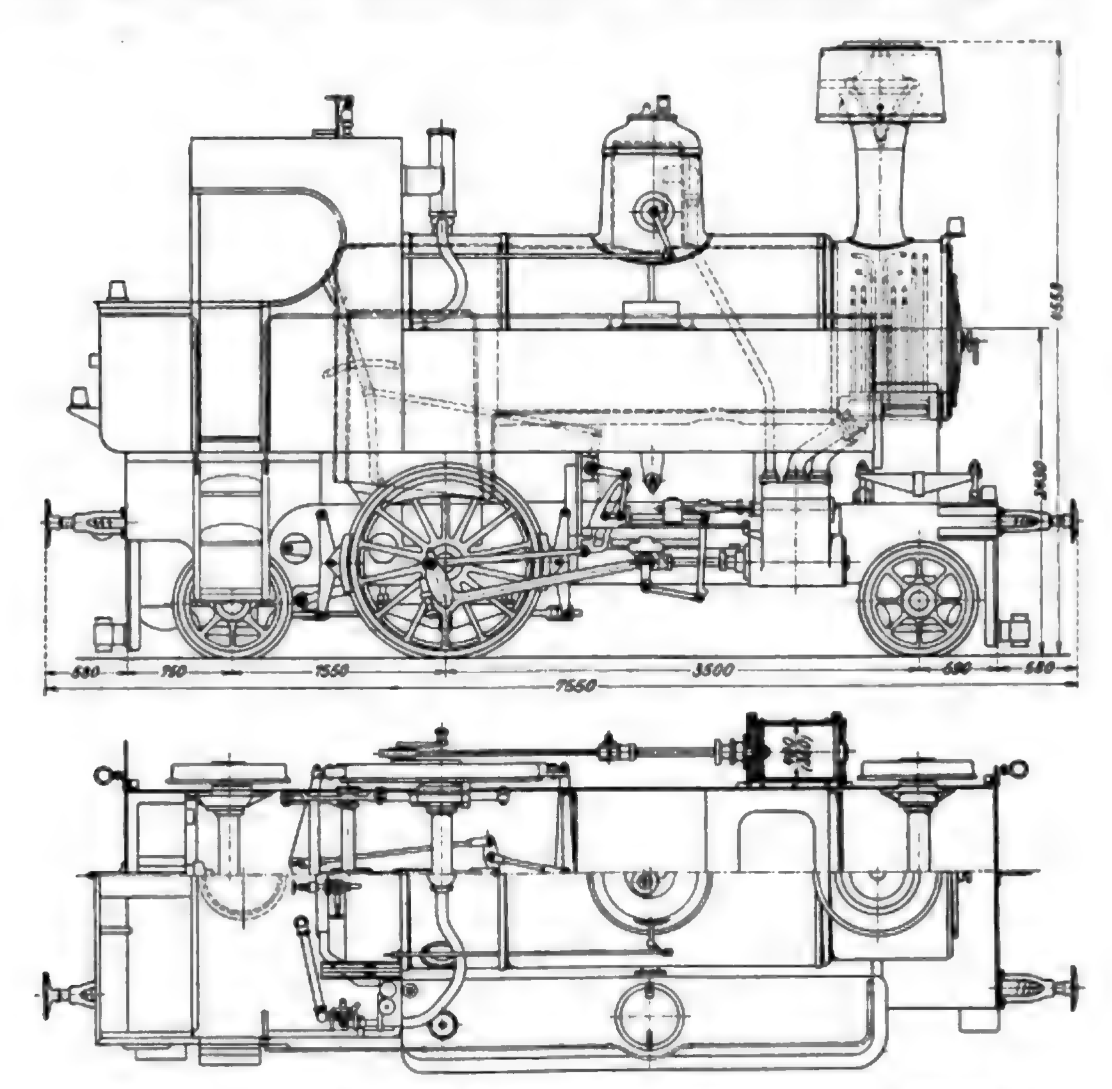


Abb. 12d. Leichte Lokomotive der Österreichischen Staatsbahnen (Gölsdorf).

Maschinenleistungen von 25 bis etwa 80 PS. Bedingung für diese Kessel ist das Vorhandensein von sehr weichem Wasser. Der ursprünglich viel versprechende und viel verwendete Serpollet-Kessel ist selten noch in Gebrauch, weil die Unterhaltungskosten für die Maschinen und den Kessel zu hoch waren und auch Betriebsstörungen vorgekommen sind. Der Kessel war zusammengesetzt aus halbkreisförmig zusammengedrückten Rohrstücken, deren lichten Querschnitt ein halbkreisförmiger Schlitz von

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1905, Nr. 40 u. Glasers Annalen 1905, Bd. 56, Heft 4.

Digitized by Google

etwa 1 mm Weite bildete[1]). Durch diese im Betrieb glühend werdenden Rohrstücke wurde die jedesmal für eine Zylinderfüllung erforderliche Wassermenge von den Pumpen hindurchgetrieben. Der Kessel hatte weder Wasserstandszeiger noch Sicherheitsventil oder Manometer. Die Heizung erfolgte durch Petroleum.

Für größere Maschinenleistungen bis zu etwa 200 PS und bei stärker schwankender Belastung sind Kessel mit größerem Wasserraum, wie der Purrey-Kessel (Abb. 15) mit Wasserröhren, mit einem Oberkessel und unteren Wasserkammern geeigneter, oder aber stehende Röhrenkessel mit Feuerbüchse.

Erwähnt seien hier noch ihrer eigenartigen Anordnung halber der Kessel von Turgan-Foy, der aus einem walzenförmigen Oberkessel mit strahlenförmig auf dessen unterer Seite angesetzten Rohren besteht und mehrfach, aber bisher nicht mit großem Erfolg verwendet worden ist, und der Cochran-Kessel. Der letztere Kessel (Abb. 16) ist in England mehrfach in Anwendung.

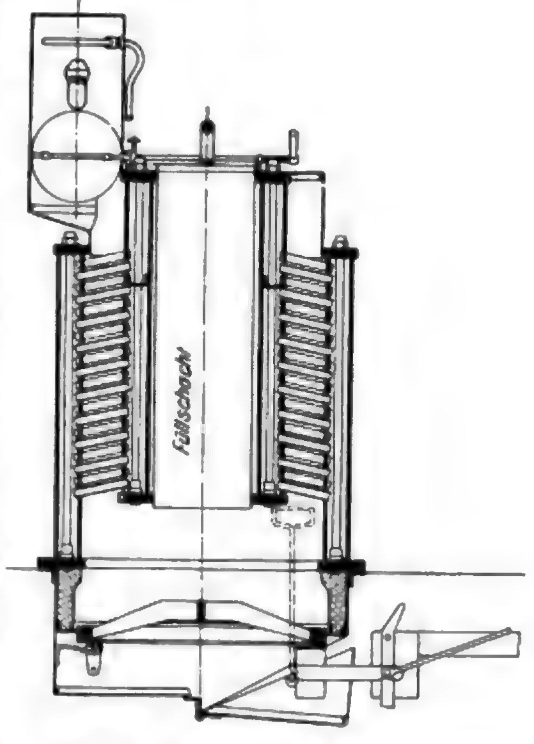


Abb. 13. Kessel nach de Dion-Bouton.

Die vorstehend erwähnten Kessel, namentlich die von de Dion-Bouton und Stoltz, verlangen, trotz des sehr lebhaften Wasserumlaufes infolge der starken Anstrengung der Heizfläche und der Enge der Durchflußquerschnitte, sehr weiches Wasser, möglichst nicht über 2 bis 3° deutsche Härte, ferner sind die Unterhaltungskosten ziemlich hoch und als Brennstoff kann nur der teure Koks, oder, wo solcher nicht zu haben ist, Holzkohle, anthrazitartige Kohle oder auch Petroleum und ähnlicher flüssiger Brennstoff verwendet werden, weil die starke Flammenentwicklung gewöhnlicher Steinkohle die Rohre zu stark angreift. Diese Rücksichten sind bei Kesseln mit größeren Feuerbüchsen und entsprechendem Raum für die Entwicklung der Flamme nicht zu nehmen.

β) Stehende Kessel mit größeren Feuerbüchsen.

Stehende Dampfwagenkessel mit größeren Feuerbüchsen und Rauch- oder Wasserröhren, welche den bekannteren und sonst gebräuchlichen Kesselformen näher stehen, sind der neue Komarek-Kessel (Abb. 17) mit knieförmig gebogenen Wasserröhren im oberen Teil, der Kessel von Borsig mit Quersiedern, der Kittelsche Kessel der Esslinger Maschinenfabrik (Abb. 18), der Kessel der Great Western Bahn (Abb. 19), der in der Maschinenfabrik der Österreichisch-Ungarischen Staatseisenbahngesellschaft in Wien gebaute Kessel der Italienischen Staatsbahnen u. a.

[1]) vgl. Birk, Betrieb der Lokalbahnen (Wiesbaden 1900) und Heller, Der Automobilmotor im Eisenbahnbetriebe; ferner Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 442.

Der Kessel der Great Western Bahn von 60 qm Heizfläche ist, ähnlich wie der Kessel der Esslinger Maschinenfabrik, im oberen Teile erweitert, um an Verdampfungsfläche zu gewinnen und trockneren Dampf zu erzielen. Die Feuerbüchse des Esslinger Kessels und der obere Teil der Feuerbüchse des Komarek-Kessels sind aus Wellrohr gebildet, um die schweren und viel Unterhaltungsarbeit verursachenden, sowie den Wasserumlauf beeinträchtigenden Stehbolzen zu vermeiden.

Abb. 13a. Führerstand eines Motorwagens von Ganz & Co.

Die Kessel der Motorwagen werden zur besseren Ausnutzung des Dampfes vielfach mit besonderen Überhitzern versehen, wie die Kessel von Stoltz, von Komarek und die der Esslinger Maschinenfabrik, auch zuweilen mit Vorwärmern. Überhitzungen bis zu 400° oder auch bis 450° C Gesamtwärme haben sich je nach der Bauart der Kessel bewährt.

γ) **Kessel nach Art von Lokomotivkesseln.**

Die bei Lokomotivkesseln übliche wagerechte Anordnung der Siederohre zeigt die Ausführung des Kessels der Taff Vale Bahn, aber in eigenartiger Form (Abb. 20). Die Feuergase werden nach beiden Seiten des quer zur Wagenachse aufgestellten Kessels durch kurze Siederohre in je

Digitized by Google

eine Rauchkammer geführt und vereinigen sich dann wieder in dem vorn liegenden Schornstein. Die Lancashire und Yorkshire Bahn und andere Bahnen in England und in den Kolonien, sowie auch vor kurzem die Bayerischen Staatsbahnen sind wieder, wie schon früher angedeutet, zu der gebräuchlichen Form des Lokomotivkessels zurückgekehrt (Abb. 21), haben aber dabei das große Gewicht und die verhältnismäßig geringe Dampfentwickelung mit in Kauf nehmen müssen. In Amerika sind auch Dampfkessel nach Art von Schiffskesseln bei Motorwagen verwendet worden.

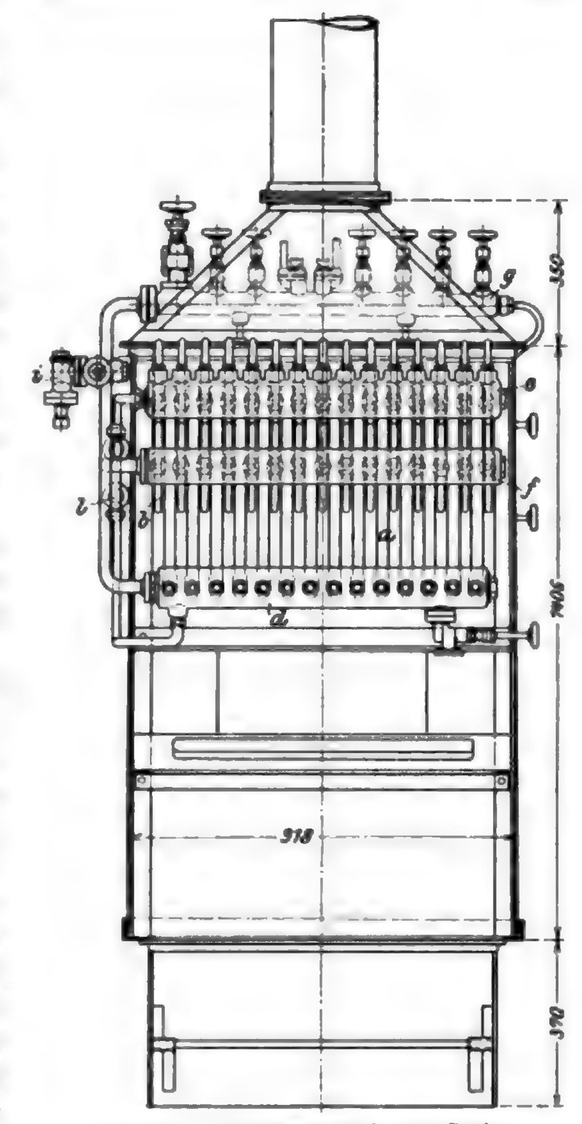


Abb. 14. Plattenkessel von Stoltz.

Bei den Wasserrohrkesseln und namentlich bei den Plattenkesseln sind hohe Dampfspannungen und zwar bei den letzteren bis zu 50 at angewendet worden, um mit einem gegebenen Kesselgewicht möglichst viel leisten zu können. Bei sehr kleinen Kesseln ist dies eher ausführbar als bei großen, die nötige Rostfläche und Anfachung des Feuers läßt sich eher schaffen, die Kessel sind bei den kleinen Abmessungen aller Teile eher dicht zu halten und die Gefahr bei dem etwaigen Bruch eines Kesselteiles ist verhältnismäßig gering wegen der geringen in dem kleinen Wasserraum aufgespeicherten Energie. Durch die Anwendung hoher Drucke erreicht man gute Ausnutzung des Brennstoffs und des Kesselgewichtes, sowie kleine und deshalb leichte Maschinen. Bei den

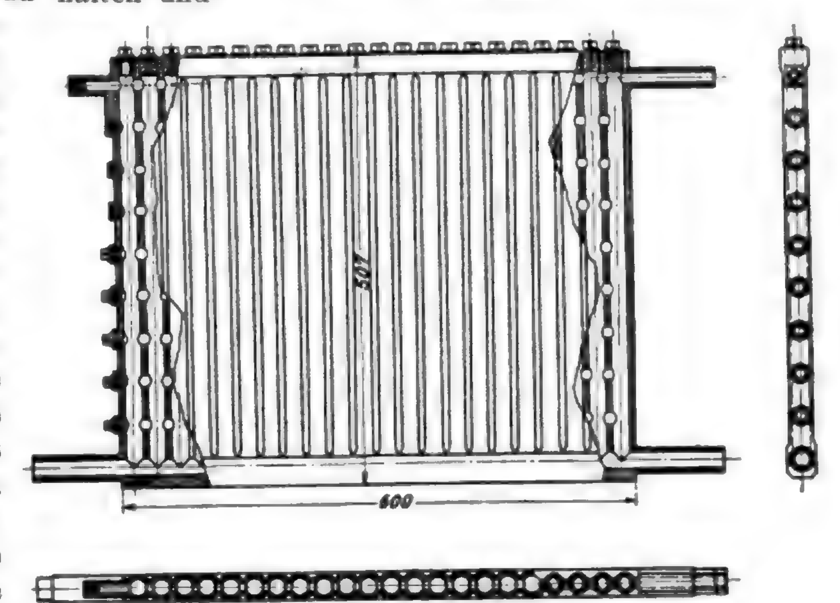


Abb. 14a. Rohrplatte.

Digitized by Google

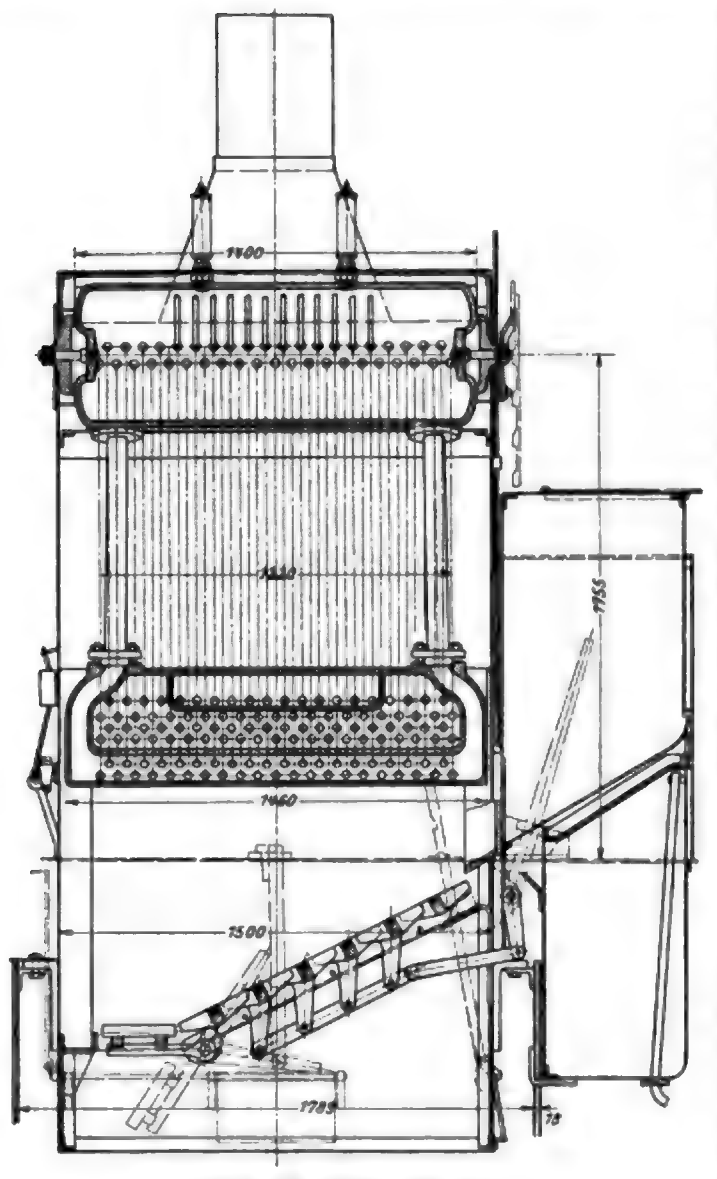


Abb. 15. Purrey-Kessel.

kleinen Maschinen hat auch der hohe Dampfdruck nicht dieselben Nachteile bezüglich der Schwierigkeit der Schmierung der unter Dampf gehenden Teile und bezüglich der Schwere der bewegten Massen und deren Wirkung auf den Wagen wie bei großen Maschinen. Bei den Feuerrohrkesseln und den Wasserrohrkesseln mit größerem Wasserraum werden die sonst bei Lokomotiven üblichen Kesseldrucke eingehalten oder wenigstens nicht erheblich überschritten.

b) Antriebmaschinen.

α) Schnellaufende Kleinmaschinen besonderer Bauart.

Die von Ganz & Co. in Budapest vielfach ausgeführte sogenannte Liffu-Maschine von de Dion-Bouton in Puteaux bei Paris (Abb. 22) hat zweierlei Rädervorgelege für kleinere und größere Fahrgeschwindigkeit. Die Motoren ziehen bei der Kuppelung des Vorgeleges auf kleine Geschwindigkeit gut an, haben aber den Nachteil ziemlich häufiger Ausbesserungsbedürftigkeit. Die Veränderung der Fahrgeschwindigkeit erfolgt durch Verkuppeln des einen oder anderen der beiden auf der Welle t lose sitzenden Zahnräder d' mit der Welle t durch die zwischen den beiden Zahnrädern d' sitzende, mit der Welle t durch Feder und Nut verbundene Kuppelung y. Je nach der Verwendung der Dampfwagen werden Übersetzungen für Fahrgeschwindigkeiten von 16 bis 25 und 30 bis 50, von 25 bis 40 und 45 bis 75 und von 50 bis 60 und 75 bis 85 km/st angeordnet. Die Verzahnungen sind bei unvorsichtiger

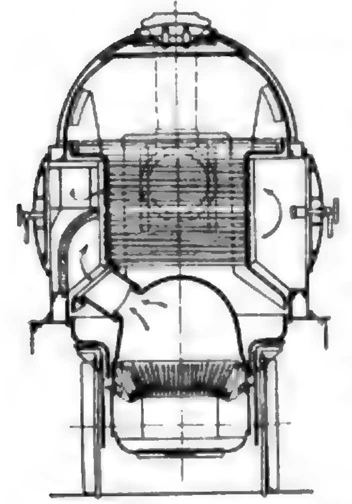


Abb. 16. Cochran-Kessel.

Digitized by Google

Handhabung leicht Brüchen ausgesetzt, die Aus- und Einrückung der Kuppelung für die Vorgelege darf deshalb nur beim Stillstand des Wagens oder doch nur bei sehr langsamer Fahrt erfolgen. Zur Verminderung des Verschleißes ist der ganze Antrieb in ein Ölbad eingesetzt, wodurch er jedoch der Überwachung während der Fahrt entzogen wird. Die Maschinen sind sehr leicht und haben sich für Nebenbahnbetriebe, namentlich in ländlichen Gegenden, bei Maschinenleistungen von etwa 35 bis 80 PS und

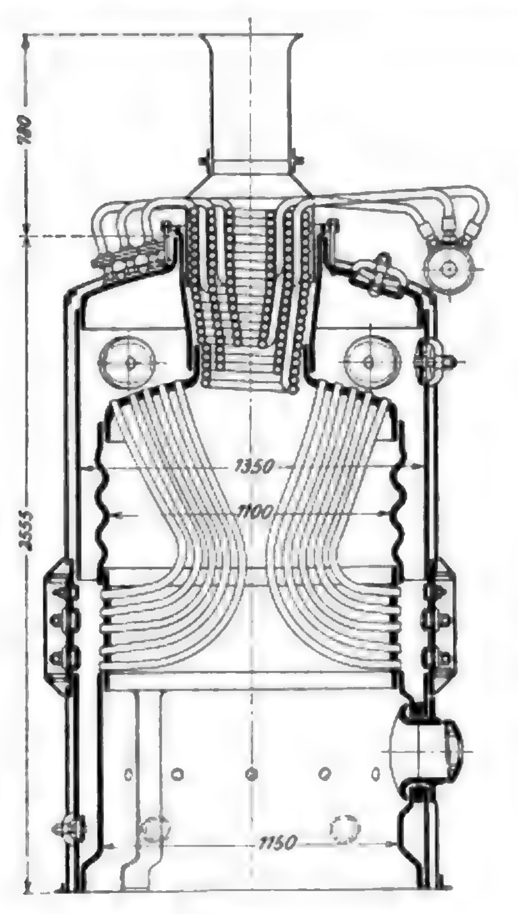


Abb. 17. Kessel von Komarek.

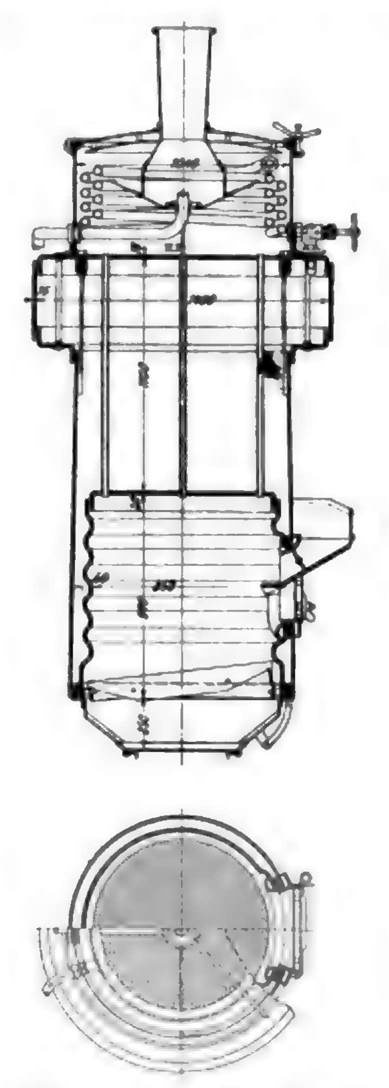


Abb. 18. Kessel von Kittel.

bei geringer Fahrgeschwindigkeit auch als hinlänglich zuverlässig erwiesen. Namentlich auf Bahnen mit schwachem Oberbau sind sie sehr am Platze, und umgekehrt kann man für den Betrieb mit so leichten Motorwagen eine Bahn erheblich billiger bauen als für einen Lokomotivbetrieb gewöhnlicher Art.

Die zweizylindrigen Maschinen können nach Bedarf als Verbund- oder als Zwillingmaschinen geschaltet werden. Abb. 23 zeigt die Steuerungsvorrichtung und die Anfahrvorrichtung der Maschine. Die Verzahnungen haben tatsächlich die in den Zeichnungen angegebene spitze Form, auf die sonst erst durch den Verschleiß hingearbeitet wird und deren Anwendung von vornherein sich als vorteilhaft erwiesen haben soll.

Die schnellaufende Maschine von Stoltz (Abb. 24) ist ebenfalls eine zweizylindrige Verbundmaschine, mit Ventilsteuerung, und arbeitet

mit einer unveränderlichen Zahnradübersetzung im Verhältnis 1:2·5 auf eine Achse des Wagens. Durch Verschiebung der Nockenwelle der Ventilsteuerung läßt sich die Füllung des Hochdruckzylinders zwischen 10 und 86 v. H. verändern. Zum Anfahren unter besonders ungünstigen Umständen kann die Maschine als Zwillingmaschine geschaltet werden, da eine Leitung für frischen Dampf zu dem Verbinder angeordnet ist. Für gewöhnlich wird indessen hiervon kein Gebrauch gemacht. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 46 km/st macht die Maschine 600 Umdrehungen in der Minute. Die Maschine ist am Untergestell drehbar und schwingend aufgehängt und andrerseits auf der Treibachse des Wagens gelagert, so daß sie den Einstellungen der als Lenkachse ausgebildeten Triebachse in Krümmungen gut folgen kann. Soll der Wagen geschleppt werden und die Maschine leer laufen, so werden die Übersetzungszahnräder durch einen einfachen Hebelgriff ausgelöst. Der ganze Antrieb läuft in einem Ölbad wie bei der Maschine von de Dion-Bouton. Die Steuerungsventile sind aber von außen gut zugänglich.

Die Maschine der Purrey-Wagen (Abb. 25) ist eine vierzylindrige Tandemverbundmaschine. Die Kraftübertragung auf die Triebachse erfolgt durch eine Gallsche Kette. Dieser Antrieb hat sich bewährt.

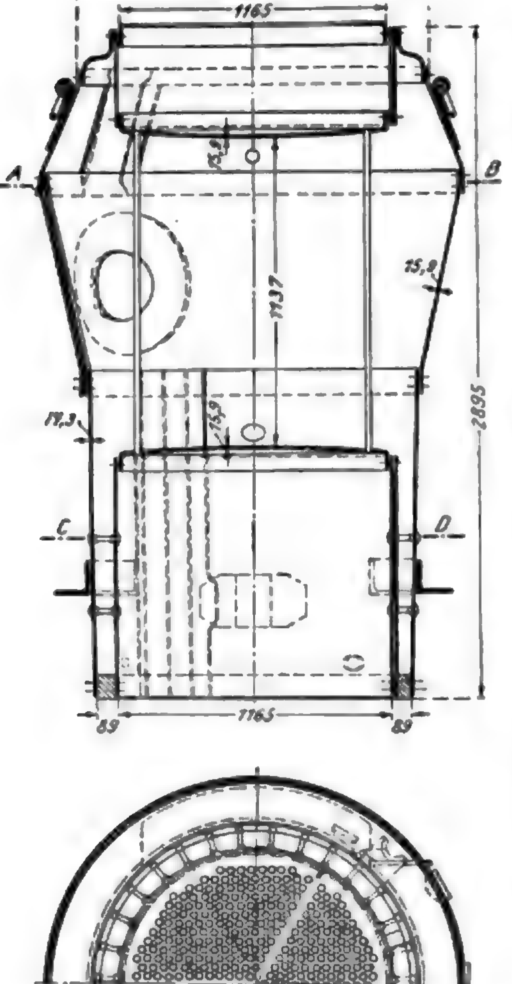


Abb. 19. Kessel der Great Western Bahn.

β) Lokomotivartige Maschinen.

Für größere Maschinenleistungen von 100 bis 200 PS ist die Verwendung der gewöhnlichen zweizylindrigen Lokomotivmaschine mit unmittelbarem Angriff der Kurbeln auf die Triebachse vorzuziehen. Indessen muß bemerkt werden, daß sich die Purrey-Wagen bis jetzt auch für Leistungen von 150 bis 180 PS und bis zu Fahrgeschwindigkeiten von 65 und 70 km/st bewährt haben.

Antriebe nach Art von Lokomotivmaschinen sind schon in den Abb. 1, 3, 6, 8, 10 und 21 angegeben. Die Bayerischen Staatsbahnen verwenden an ihren neuen schweren vierachsigen Dampfwagen Maschinen, die genau mit denen der früher erwähnten leichten Maffeischen Lokomotiven übereinstimmen, mit zwei Zylindern an jeder Seite, deren Kolben sich gegenläufig bewegen (Abb. 26). Es werden durchweg bei lokomotivartigen

Digitized by Google

Maschinen von Dampfwagen die gleichen Steuerungen wie bei Lokomotiven angewendet, nur zuweilen in vereinfachter Form. So ist bei den ersten kleinen Purrey-Wagen versucht worden, mehrere Gelenke in der Steuerung zu unterdrücken unter Inanspruchnahme der Elastizität des Gestänges und unter Verzicht auf die Veränderlichkeit der Füllung. Die bayerischen Wagen haben eine vereinfachte Heusinger-Steuerung erhalten.

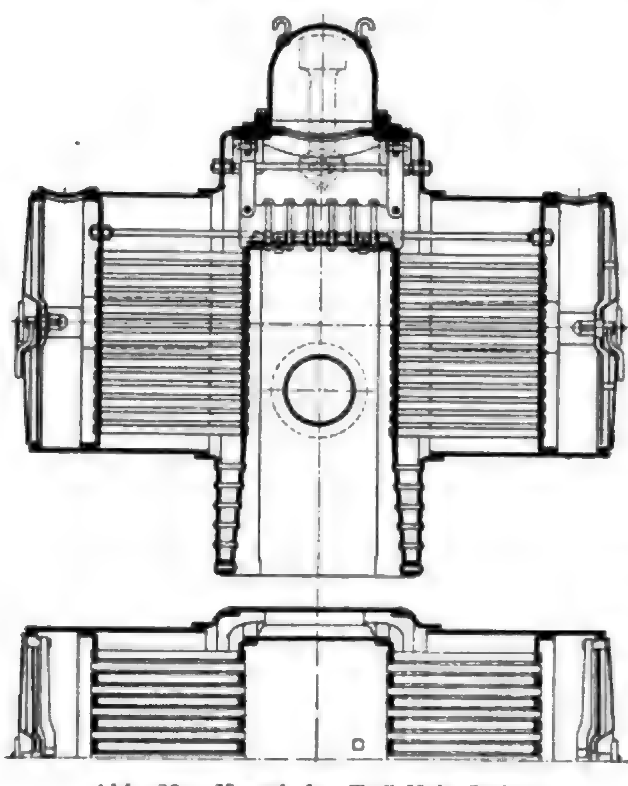


Abb. 20. Kessel der Taff Vale Bahn.

c) Kesselspeisevorrichtungen.

Bei den Kesseln mit großem Wasserraum und mäßiger Dampfspannung werden Dampfstrahlpumpen gewöhnlicher Bauart verwendet. Für die Kleinkessel mit hoher Dampfspannung eignen sich aber Strahlpumpen nicht. Einmal werden alle Strahlpumpen bei 18 at Dampfdruck unzuverlässig und versagen bei noch höheren Spannungen gänzlich, dann ist aber auch bei den Kesseln mit kleinem Wasserraum eine fortgesetzte Speisung erforderlich, für welche Kolbenpumpen, die sich auf eine bestimmte Wasserförderung genau einstellen lassen, besser geeignet sind. Es wird dann so verfahren, daß eine Pumpe, mit der dann auch der Antrieb der Schmierpumpe verbunden wird, der bevorstehenden Kesselleistung entsprechend durch Einstellung ihres Dampfventils geregelt wird, während man die zweite unterwegs nach Bedarf anstellt. Die zweite Pumpe wird öfter so eingerichtet, daß sie selbsttätig

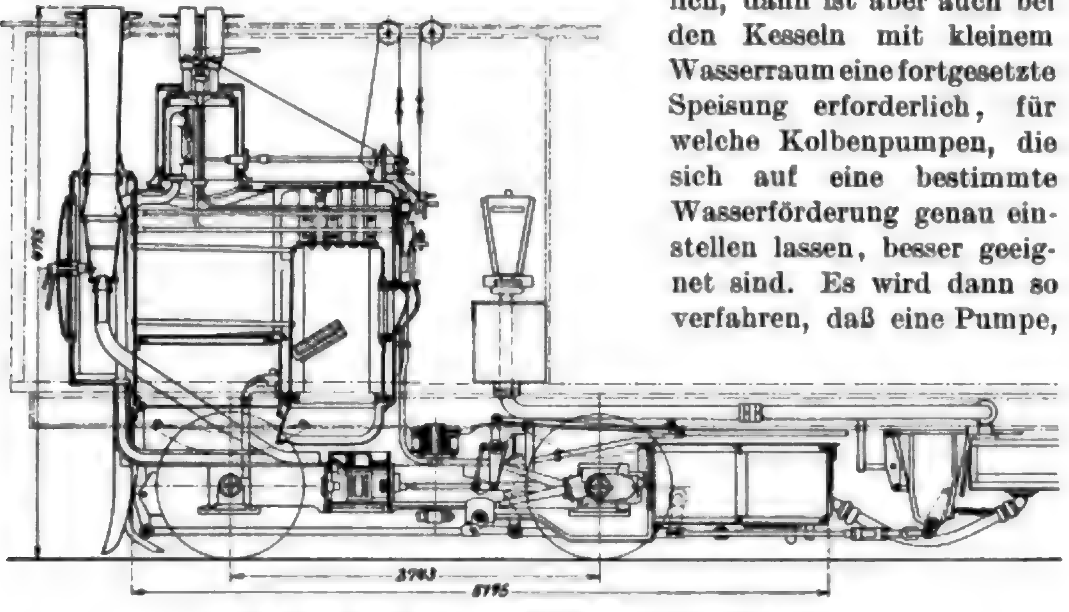


Abb. 21. Kessel der Lancashire und Yorkshire Bahn.

Digitized by Google

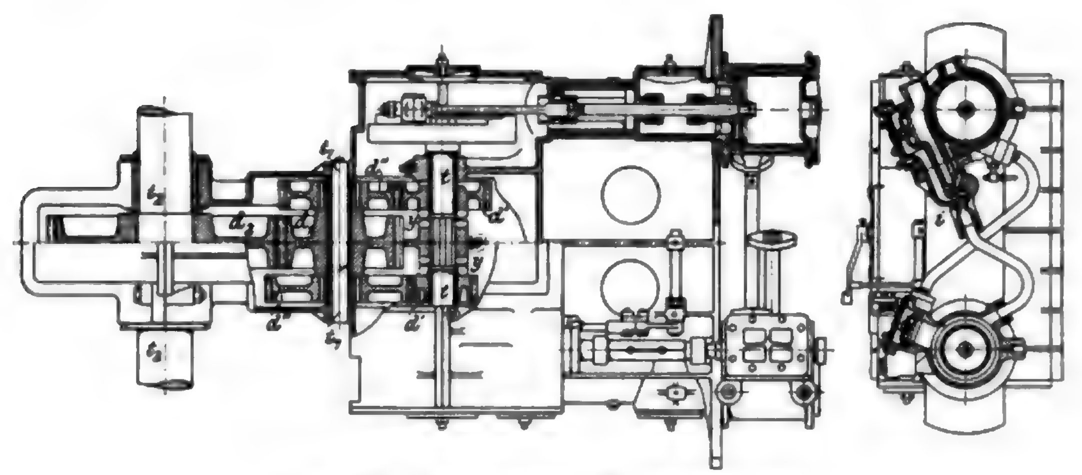


Abb. 22. Maschine nach de Dion-Bouton.

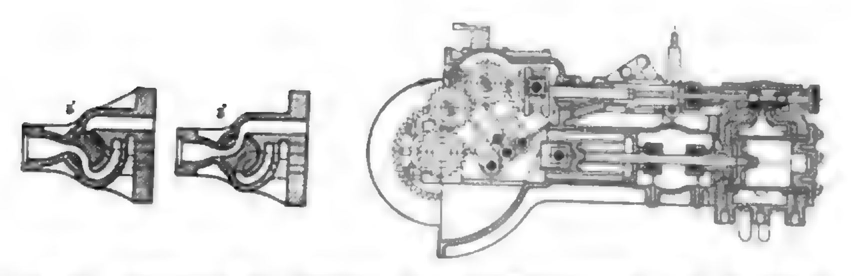


Abb. 23. Stellhahn für Zwilling- und Verbundwirkung und Steuerung nach de Dion-Bouton.

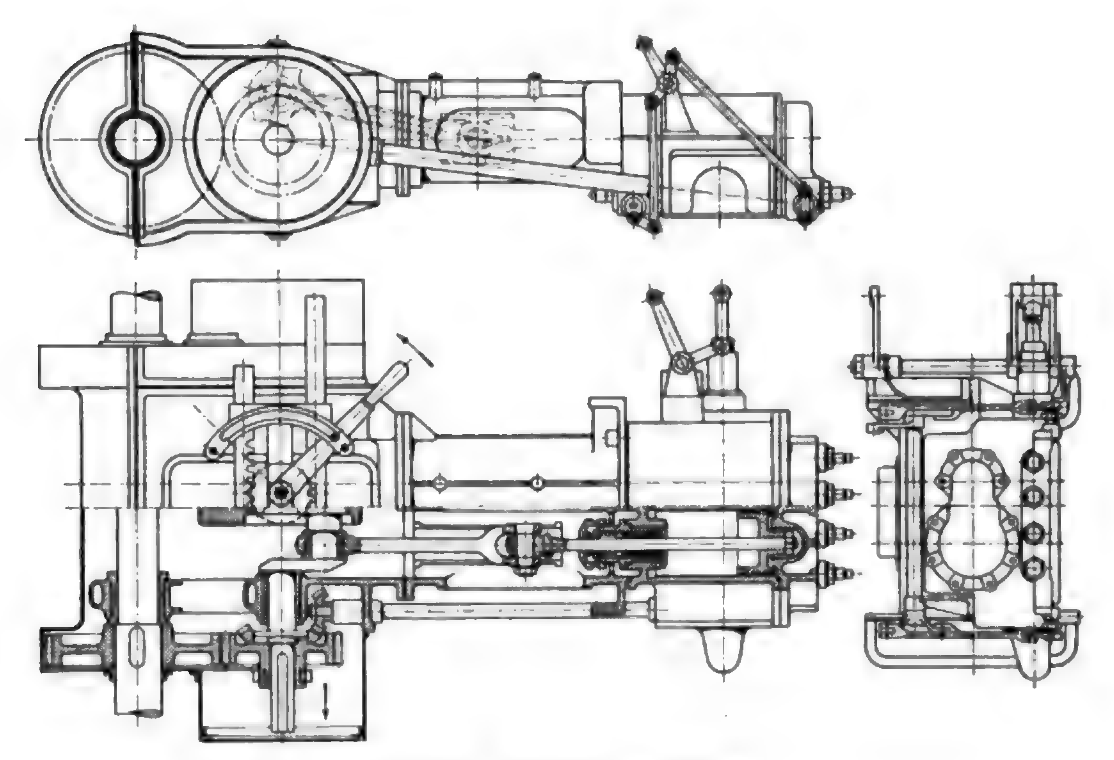


Abb. 24. Maschine von Stoltz.

Digitized by Google

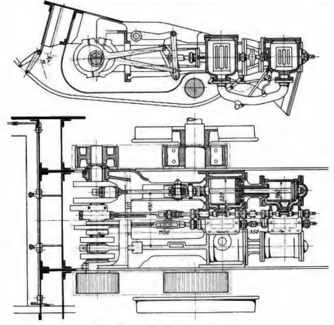


Abb. 25. Maschine der Purrey-Wagen.

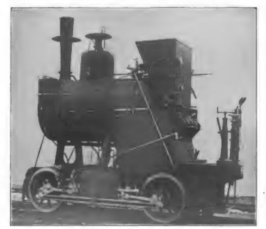


Abb. 26. Triebwagenmaschine von Maffei.

Digitized by Google

von einem Schwimmer aus an- und abgestellt wird, wie beispielsweise bei den Purrey-Wagen. Hierzu sind wieder Kolbenpumpen geeigneter als Strahlpumpen, dagegen werden öfter an den Dampfwagen angebrachte Strahlpumpen zur Füllung der auf den Dampfwagen mitgeführten Wasserbehälter von den Brunnen der Wasserstationen aus verwendet. Die Maschinenfabrik Komarek verwendet die in Abb. 27 angegebene von dem Kreuzkopf der Maschine aus angetriebene Speisepumpe, deren Leistung durch Einstellung eines Umlaufventils geregelt wird, das einem Teil des Wassers und, falls der Kessel genügend gefüllt ist, allem von der nicht abstellbaren Pumpe geförderten Wasser den Rückfluß in den Vorratsbehälter gestattet.

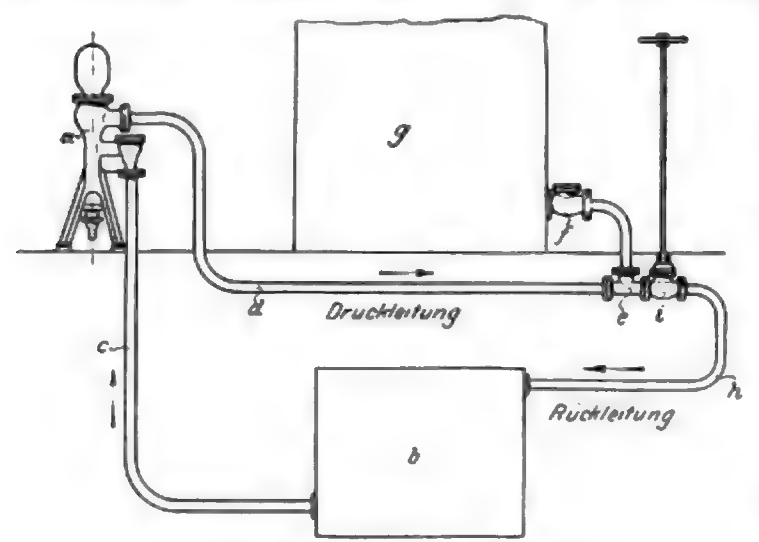
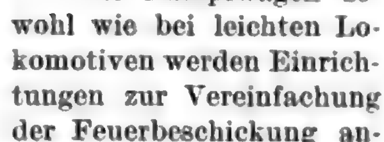


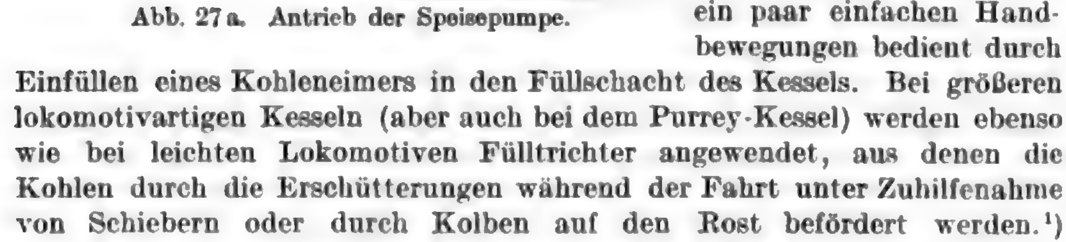
Abb. 27. Speisepumpe von Komarek.

Abb. 27a. Antrieb der Speisepumpe.

d) Einrichtungen zur Rostbeschickung.



Bei Dampfwagen sowohl wie bei leichten Lokomotiven werden Einrichtungen zur Vereinfachung der Feuerbeschickung angewendet, um die Bedienung der Maschine durch nur einen Mann zu erleichtern. Kleine de Dion-Bouton-Kessel werden mit ein paar einfachen Handbewegungen bedient durch Einfüllen eines Kohleneimers in den Füllschacht des Kessels. Bei größeren lokomotivartigen Kesseln (aber auch bei dem Purrey-Kessel) werden ebenso wie bei leichten Lokomotiven Fülltrichter angewendet, aus denen die Kohlen durch die Erschütterungen während der Fahrt unter Zuhilfenahme von Schiebern oder durch Kolben auf den Rost befördert werden.[1])



[1]) vgl. v. Littrow in Glasers Annalen 1906, Bd. 58, Heft 4.

Digitized by Google

Abb. 28 zeigt eine Einrichtung von Maffei, bei der die Kohle durch ihr eigenes Gewicht so lange auf den Rost rutscht, bis der durch eine Handkurbel mit Zahntrieb betätigte Schieber geschlossen wird. Ähnlich ist die Einrichtung bei den Purrey-Wagen. Von Krauss & Co. wird eine andere Einrichtung (vgl. Abb. 12c) angewendet[1]), die aus einem Schieber und einem darunter befindlichen und mit diesem zwangläufig verbundenen Kolben besteht. Wird der den Boden des Trichters abschließende Schieber geöffnet, so fällt die Kohle in einen Zwischenkanal und durch diesen vor den Kolben. Bei dem Schließen des Schiebers wird die Kohle von dem Kolben auf den Rost gedrückt. Es wird hierdurch zweierlei bewirkt: einmal hat man es in der Hand, jedesmal eine annähernd bestimmte Menge Kohle aufzugeben, und zweitens wird die frische Kohle zwangsweise in die Feuerung hineingeschoben. Die Rückwand der Feuerbüchse der Lokomotive von Krauss ist nicht vom Wasser bespült, sondern nach außen frei und deshalb innen mit feuerfesten Steinen ausgemauert.

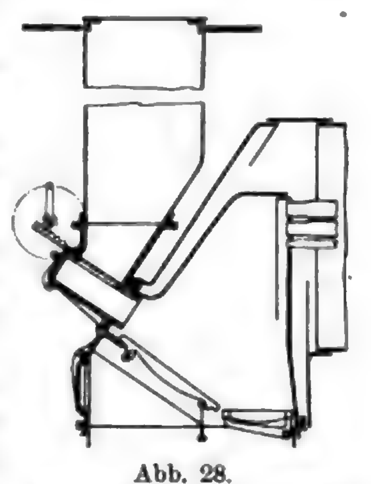


Abb. 28.
Rostbeschickung von Maffei.

Die Feuerbeschickung der Dampfmotorwagen ist durchweg überhaupt einfach, einmal weil es sich stets nur um kleine, wenn auch verhältnismäßig leistungsfähige Kessel handelt, zweitens aber auch, weil die durchfahrenen Strecken meist nur kurz sind. Die bei dem Antritt der Fahrt auf dem Rost liegende und während der Fahrt mit verbrauchte Kohlenmenge ist aber alsdann verhältnismäßig erheblich gegenüber der unterwegs noch außerdem nachzuschürenden Kohlenmenge. Bei kurzen Fahrten ist deshalb die Arbeit des unterwegs erforderlichen Nachschürens überhaupt verhältnismäßig gering, ganz abgesehen von der geringen Leistung des Kessels.

e) Besondere Einrichtungen.

Bei der Rückwärtsfahrt von Dampfwagen sind Einrichtungen zur Verständigung zwischen dem meist vorn stehenden Maschinenführer und dem bei dem Kessel und der Maschine verbleibenden Heizer erforderlich. Zuweilen wird die Einrichtung so getroffen, daß von dem vorderen Ende des rückwärts fahrenden Wagens aus die Maschine vollständig gesteuert werden kann, häufig wenigstens so, daß sich der Dampf von dort aus im Notfalle absperren läßt. Die betreffenden, an den einzelnen Fahrzeugen angebrachten Teile der Steuerwellenleitungen haben vierkantige Enden und sind untereinander durch innen vierkantige, in der Längsrichtung verschiebbare Muffen verbunden. Stets kann der bei der Rückwärtsfahrt vorn stehende Maschinenführer die Dampfpfeife und die Bremse, in der Regel auch eine Luftdruck- oder Luftsaugebremse bedienen. Zur Verständigung bedient man sich ferner elektrischer Klingeln mit verabredeten Zeichen, beispielsweise: einmal = vorwärts, zweimal = halt, dreimal = langsam, viermal = rückwärts. Außerdem werden Sprachrohre und eine besondere Einrichtung, wie die von Komarek, angewendet. Die letztere Einrichtung

[1]) Deutsche Straßen- und Kleinbahnzeitg. 1907, S. 35, 37.

(Abb. 29) besteht darin, daß der vorn stehende Maschinenführer dem bei dem Kessel verbliebenen Heizer den Füllungsgrad angibt, auf den der letztere die Steuerung einstellen soll. Zu diesem Zweck stellt der vorn befindliche Maschinenführer nach Abgabe eines Achtungssignals einen Zeiger ein, von dem aus mittels eines Gestänges die gleiche Einstellung an einem auf dem Heizerstand angebrachten Zeigerwerk wiederholt wird.

Die Dampfwagen, wie Motorwagen überhaupt, haben namentlich im Lokalverkehr, den Anforderungen des Betriebes und Verkehrs entsprechend, manche kleine weiteren Eigentümlichkeiten. Zweckmäßig ist beispielsweise die bei englischen Dampfwagen vorkommende Anordnung von beweglichen Fußtritten, die sich vom Innern der Wagen aus einziehen oder herausrücken lassen, um das Ein- und Aussteigen beim Halten außerhalb einer Bahnhofsplattform zu erleichtern. Auch werden solche bewegliche Tritte so mit der Verriegelung der Türen verbunden, daß die Türen nur offen stehen können, wenn die Tritte nach außen gerückt und in dieser Stellung gesichert sind.

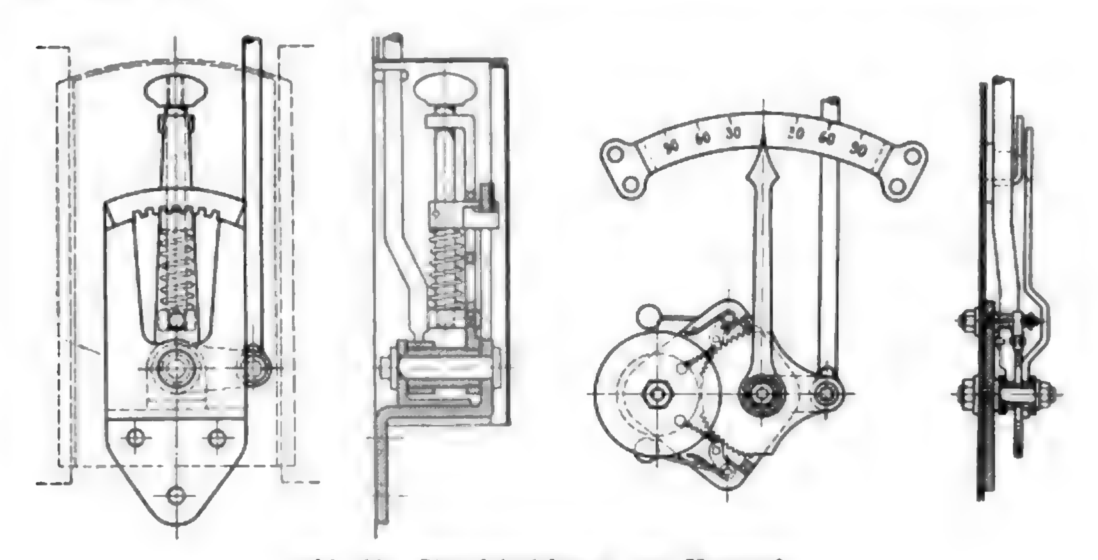


Abb. 29. Signaleinrichtung von Komarek.

11. Motorwagen mit Verbrennungsmaschinen und mechanischer Kraftübertragung.

Als Beispiel für unmittelbaren ganz mechanischen Antrieb der Wagenachsen mittels einer Verbrennungsmaschine diene zunächst der in Abb. 4 dargestellte, schon erwähnte Daimler-Wagen, der heute mehr geschichtlichen Wert besitzt, diesen aber auch dauernd behalten wird. Abb. 30 stellt in größerem Maßstabe das Zahnradvorgelege für verschiedene Geschwindigkeiten sowie das Wechselgetriebe für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt dar. Es können mit dem Zahnradvorgelege bei diesem auf den Böhmischen Landesbahnen bei Prag verwendeten kleinen Wagen von nur 25 PS Maschinenleistung vier verschiedene Fahrgeschwindigkeiten zwischen 7 und 35 km/st erzielt werden. Der vierzylindrige Motor ist nahe der Mitte des Wagens zwischen den Achsen aufgestellt[1]), um Schlingerbewegungen und

[1]) Vgl. d. ausführl. Zeichn. i. d. Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1905, Nr. 42, Tafel 15.

Digitized by Google

sonstige störende Bewegungen möglichst zu vermindern und die Belastung der Achsen gleichmäßig zu verteilen. Die Triebwelle des Zahnradvorgeleges ist mit der Kurbelwelle der Maschine durch eine ausrückbare Reibungskuppelung verbunden. Durch ein zwischengeschaltetes Kegelräderpaar wird die Umkehrbarkeit der Fahrrichtung erreicht. Die Daimler-Wagen können von beiden Wagenenden aus gesteuert werden, brauchen also nicht am Ende jeder Fahrt gedreht zu werden. Das Anlassen des Motors geschieht mittels einer Handkurbel vom Wageninnern aus. Während des Stillstandes des Wagens auf einer Zwischenstation läuft der Motor leer weiter.

Die Wagen mit Verbrennungsmaschinen und insbesondere die mit mechanischer Kraftübertragung haben verschiedene Nachteile gegenüber den Dampfwagen. Zunächst ist der Antrieb mit mechanischer Kraftübertragung etwas verwickelt. Der Führer hat mindestens drei Steuerhebel zu bedienen, einen zum Ein- und Ausrücken der Reibungskuppelung, den zweiten zur Umkehrung der Fahrrichtung bei Bedarf, den dritten zur Bedienung des Rädervorgeleges für die vier Fahrstufen und gegebenenfalls noch eine vierte Vorrichtung zum Anlassen des Motors mittels Druckluft, wenn derselbe nicht während des Aufenthalts auf den Stationen leer weiter laufen soll. Die veränderlichen Übersetzungen sind erforderlich, weil sich die Umdrehungszahl der Verbrennungsmaschinen nur in geringen Grenzen verändern läßt. Ein weiterer Übelstand gegenüber der Dampfmaschine ist der, daß die Verbrennungsmaschine eine Überlastung nicht verträgt. Die Maschine muß also für die höchste geforderte Leistung bemessen werden, arbeitet aber in der Regel mit viel kleineren Leistungen, wodurch das Güteverhältnis ein schlechtes wird. Ferner muß sie durch besondere Einrichtungen leer angelassen werden und bei kurzem Aufenthalte unterwegs nutzlos leer laufen. Außer Druckluft werden auch Pulverpatronen zum Anlassen der Verbrennungsmaschinen von Motorwagen benutzt. Da außerdem das Geräusch der Zahnräder bei einiger Abnutzung sehr unangenehm für die Fahrgäste wird, — das Geräusch wird in der Denkschrift des Landesausschusses des Königreichs Böhmen als betäubend bezeichnet, — scheinen die Motorwagen mit Verbrennungsmaschinen und mechanischer Kraftübertragung eine große Zukunft im Eisenbahnbetriebe nicht zu haben. Die vor einigen Jahren beschafften Wagen dieser Bauart sind denn auch meistens wieder außer Betrieb gestellt, behalten aber das Verdienst, zur Weiterentwicklung der Motorwagen wesentlich beigetragen zu haben. Nur in den Vereinigten Staaten von Amerika hat die Union Pacific Bahn in neuerer Zeit ähnlich gebaute Wagen, und zwar 41 Stück, in Betrieb gestellt. Die neuesten Wagen dieser Art sind wie alle anderen, ausgenommen der zuerst beschaffte Versuchswagen, vierachsig und ganz aus Stahl und Eisen gebaut. Das Dach ist 610 mm niedriger gehalten als gewöhnlich, um an Gewicht zu sparen. Hierdurch und durch die ganze Bauart des Wagens und die geschickte An-

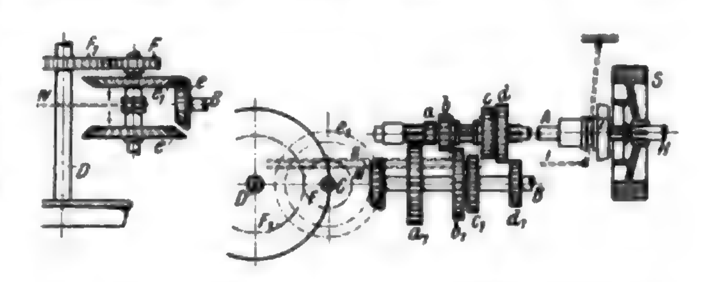


Abb. 30. Antrieb eines Daimlerschen Motorwagens.

ordnung der Sitze ist es gelungen, bei 75 Sitzplätzen und einem kleinen Gepäckraum, das Dienstgewicht des Wagens ohne Reisende auf 27·73 t gleich 370 kg auf einen Sitzplatz zu beschränken. Die Maschine hat sechs stehende, in einer Reihe quer zur Wagenlängsachse angeordnete Zylinder, die größte Maschinenleistung soll 230 PS betragen, die Kraftübertragung erfolgt mittels Kettenrad und Kette unter Zwischenschaltung einer Reibungskuppelung, die auch bei voller Geschwindigkeit der Maschine eingerückt werden kann. Das Anlassen der Maschine und die Steuerung der Reibungskuppelung erfolgt mittels Druckluft. Es sind nur zwei verschiedene regelmäßige Fahrgeschwindigkeiten vorgesehen, und zwar von 10 bis 11 km und von 55 bis 60 km/st. Bei diesen Geschwindigkeiten arbeitet die Maschine vorteilhaft. Die durchschnittliche Höchstgeschwindigkeit soll 80 km betragen, die höchste überhaupt erreichbare 102 km/st. Die Maschine wird bei einem einigermaßen unregelmäßigen Streckenprofil durchweg unvorteilhaft arbeiten. Mit Rücksicht auf das als Brennstoff verwendete, dort billige Gasolin, — zwischen 100° und 150° siedende Bestandteile des Erdöls, die bei der Reinigung gewonnen werden —, würde dies aber dort weniger in Betracht kommen. Die Anordnung kann indessen nur bei sehr gleichmäßiger Leistung der Maschine oder bei sehr billigem Brennstoff empfohlen werden.

Die Wagen der Union Pacific Bahn, die immer in derselben Richtung fahren, haben in ihren letzten Ausführungen eine parabolisch gekrümmte Windschneide am vorderen Ende, außerdem ist das Dach an diesem Ende vorn stark herabgezogen, während das hintere Ende im Grundriß halbkreisförmig ist und eine ebenso geformte Sitzbank hat. Die Fenster sind kreisrund und abweichend von den sonst gebräuchlichen Anschauungen mit Kautschukdichtung fest eingepaßt zur Abhaltung von Luft, Wasser und Staub. Für die Lüftung des Wagens ist anderweitig gesorgt.[1])

Der Grund, daß die Union Pacific Bahn auf die mechanische Kraftübertragung mit Zahnradvorgelegen zurückgegriffen hat, ist wohl der, daß die in Amerika verwendeten Einrichtungen zur elektrischen Kraftübertragung in dem Bestreben, möglichst viel Neuerungen und Patente unterzubringen, zu vielgestaltig und verwickelt geworden sind. Diese beanspruchen daher zuviel Aufmerksamkeit im Betrieb und zuviel Kosten in der Unterhaltung und verursachen überdies leicht Betriebsstörungen.

Statt Benzin könnte bei uns auch Spiritus, Ergin[2]) und Benzol zum Betriebe von Verbrennungsmaschinen für Motorwagen in Frage kommen. Die Spirituspreise, die bekanntlich für Deutschland durch die Zentrale für Spiritusverwertung in Berlin bestimmt und für einige Zeit festgelegt werden, sind bei uns mit den Benzinpreisen gestiegen und zu hoch, um allgemeinere Verwendung im Maschinenbetriebe zu gestatten. Immerhin ist bei Berechnungen zu beachten, daß die Spiritusdämpfe sich stärker zusammendrücken lassen als Benzindämpfe, bevor Selbstzündung eintritt, und daß infolgedessen die Ausnutzung des Spiritus in einer Kraftmaschine eine weit bessere ist.[1]) Spiritus kann auch dem Benzin

[1]) Eng. News v. 6. Apr. u. 12. Dez. 1905 u. v. 22. Nov. 1906; Railr. Gaz. v. 10. März 1905 u. v. 20. Apr. 1906; Scient. Amer. v. 13. Aug. 1907; Glasers Annalen v. 1. Nov. 1906.

[2]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 172).

Digitized by Google

zugesetzt werden zur Verminderung des Verschmutzens der Ventile und des übeln Geruches der Abgase.

Ergin ist ein noch wenig bekannter Kohlenwasserstoff, der dem Benzin im Gehalt an Wärmeeinheiten gleichwertig sein soll, dessen Dämpfe aber ebenfalls eine erheblich stärkere Zusammendrückung ertragen sollen als Benzindämpfe. Der anfänglich sehr niedrige Preis des Ergin ist indessen infolge der beginnenden Nachfrage im Steigen begriffen.

12. Benzinelektrische Motorwagen.

Bei Verwendung geeigneter einfacher Einrichtungen gestaltet sich der Betrieb mit benzin- oder gasolinelektrischen Maschinen für Motorwagen weit günstiger als der Betrieb mit Verbrennungsmaschinen und mechanischer Kraftübertragung. Die Anordnung der elektrischen Kraftübertragung besteht darin, daß die Verbrennungsmaschine eine mit ihr gekuppelte Dynamomaschine antreibt, welche mit oder ohne Hilfe von Speicherbatterien den Strom an zwei Elektromotoren liefert, welche ihrerseits unmittelbar oder mit Übersetzung zwei Wagenachsen antreiben. Speicherbatterien finden für schwere Wagen und bei ungünstigen Betriebsverhältnissen, wie starke Steigungen, oftmaliges Anfahren, zwecks gleichmäßiger Belastung der Dynamomaschine und damit auch der Verbrennungsmaschine Verwendung. Dabei wird die Einrichtung verschieden getroffen. Entweder dient der ganze Strom zunächst nur zum Laden der Batterie, von der dann die ganze Betriebskraft für die Elektromotoren geliefert wird, oder aber die Batterie wird nur zum Ausgleich als Pufferbatterie und auch zum Anlassen der Benzinmaschine verwendet. Im ersten Falle erhält man vollständig gleichmäßige Belastung der Verbrennungsmaschine, welche nach vollendeter Ladung der Batterie selbsttätig abgestellt wird, und damit eine günstig arbeitende und möglichst kleine Benzinmaschine, aber eine schwere und in der Beschaffung und Unterhaltung teuere Batterie, sowie starke Verluste bei dem Durchgang des ganzen Stromes durch die Batterie. Bei Anwendung kleiner Pufferbatterien oder beim gänzlichen Fortfall der Batterien erhält man eine schwerere und durchweg ungünstiger arbeitende Verbrennungsmaschine, denn deren Leistungsfähigheit muß dann stets der höchsten vorkommenden Belastung angepaßt sein, weil sie sich nicht überlasten läßt. Sie arbeitet deshalb vielleicht durchweg nur mit einem Drittel oder Viertel der für das Güteverhältnis günstigsten stärksten Belastung. Bei leichten Wagen, die auf ebenen Strecken laufen sollen, läßt man die Batterien trotzdem weg zur Vereinfachung der ganzen Einrichtung, zur Ausschaltung einer Quelle für Betriebsstörungen und vor allem zur Verminderung des Gewichts und der Beschaffungs- und Unterhaltungskosten. Ob die Elektromotoren auf den Wagenachsen aufgekeilt werden oder ob sie diese mittels einer Zahnradübersetzung antreiben, hängt von der erforderlichen Fahrgeschwindigkeit ab.

Beispiele für benzin- und gasolinelektrische Wagen mit Batterien sind der Strang-Wagen, ferner ein älterer Wagen der Chicago und Alton Bahn, sowie ein solcher der Baltimore und Ohio Bahn.[2]) Diese Wagen

[1]) Vgl. Meyer, Versuche an einem Spiritusmotor, Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 130.

[2]) Glasers Annalen v. 1. Nov. 1906, S. 172.

erfreuen sich aber wegen der hohen Beschaffungs- und Betriebskosten keiner großen Beliebtheit bei den Eisenbahnverwaltungen.

Ein Beispiel anderer Art ist der oft beschriebene und abgebildete Wagen der North Eastern Bahn, der nur eine kleine Batterie zum Anlassen der Verbrennungsmaschine besitzt, welche dabei als Motor läuft.[1]) Es ist dies ein schwerer vierachsiger, schön ausgestatteter Wagen, der zwischen zwei vornehmen Badeorten in der Nähe von York zur Annehmlichkeit

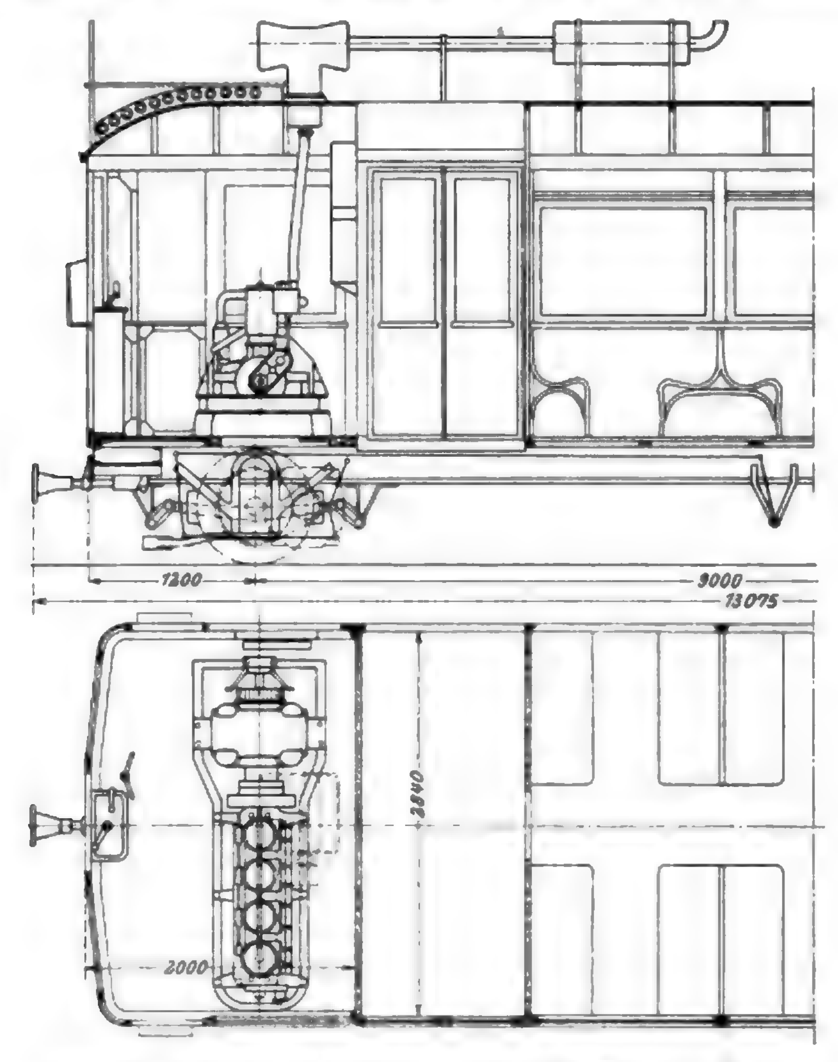


Abb. 31. Zweiachsiger benzinelektrischer Wagen von J. Weitzer.

der Kurgäste verkehrt und bei dem deshalb die hohen Anschaffungskosten weniger in Betracht kommen. Eine Nachahmung hat aber dies Beispiel in England nicht gefunden, so daß hier von Betriebserfahrungen kaum die Rede sein kann.

Anders liegt der Fall bei den leichten benzinelektrischen Wagen von J. Weitzer in Arad, welche in großer Anzahl in Ungarn verbreitet sind und mit denen ein großer Teil des Personenverkehrs auf den Vereinigten Arader und Csanáder Bahnen bewältigt wird.[2]) Abb. 31 zeigt einen solchen

[1]) Glasers Annalen v. 1. Sept. 05, S. 94.

[2]) vgl. Sármezey. Die Bedeutung der Motorwagen, und Zeitg. d. Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907. Nr. 55: Mit Triebwagen durch die ungarische Niederung.

Digitized by Google

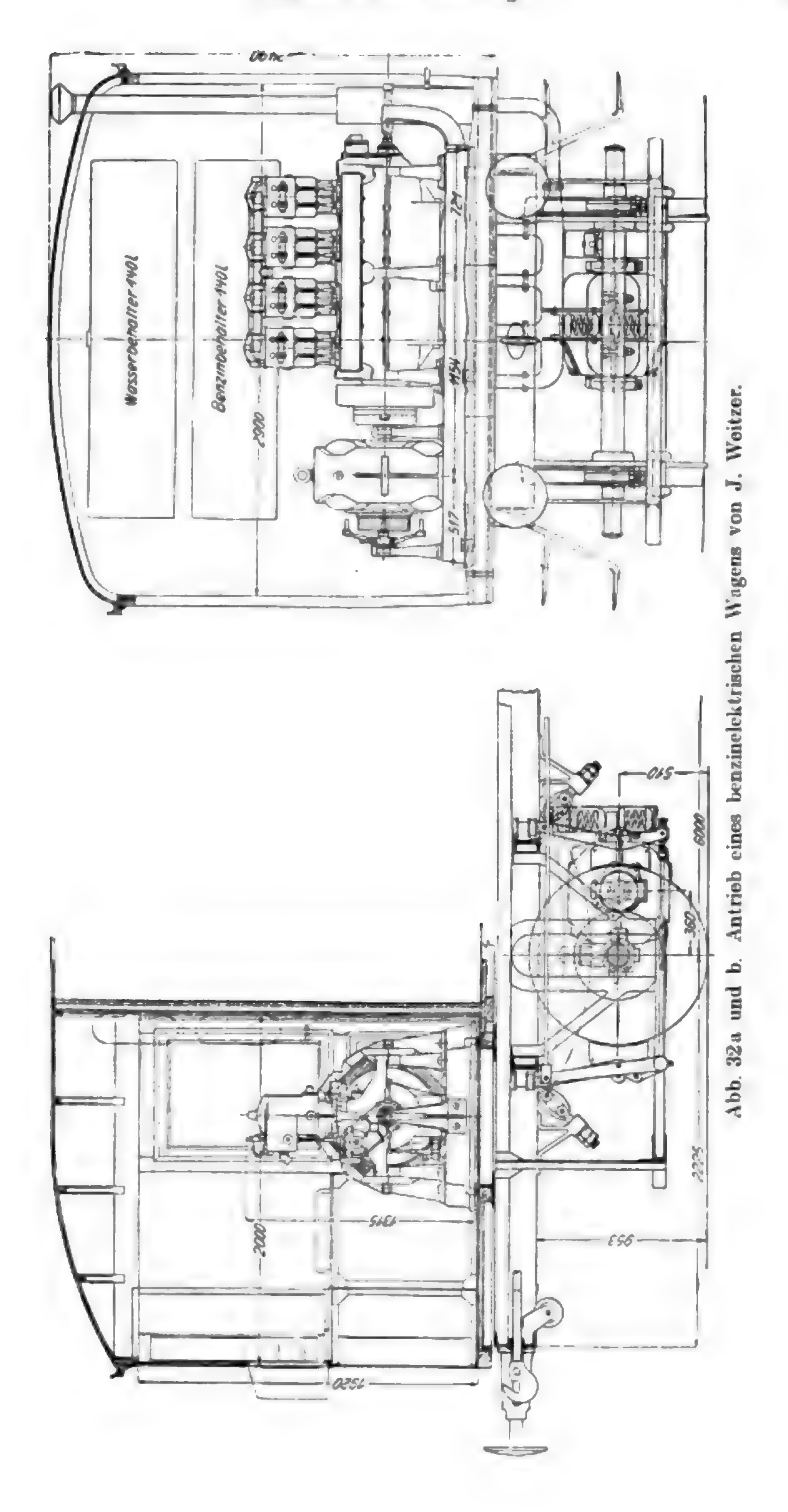


Abb. 32a und b. Antrieb eines benzinelektrischen Wagens von J. Weitzer.

Wagen, der bei den Ungarischen Staatsbahnen im Betrieb ist, Abb. 33a die Benzinmaschine eines gleichartig gebauten Wagens von 30 PS, die Abb. 32a und 33b den Führerstand eines solchen von 70 PS nebst der Anordnung der Maschinen. Die Wagen haben gar keine Batterie. Die Dynamomaschine hat Verbundwicklung und erregt sich selbst durch den remanenten Magnetismus; eine besondere Erregerdynamo, wie bei den Wagen der North Eastern Bahn, ist nicht vorhanden. Das Anlassen der Verbrennungsmaschine geschieht mittels einer Handkurbel unter Lüftung eines Ventils im Verbrennungskopf zur Vermeidung des Gegendrucks der Kompression. Durch einen Regulierwiderstand nach Art gewöhnlicher Anlaßwiderstände wird die Stärke des magnetischen Feldes geregelt. Es können hierdurch und durch Reihen- und Parallelschaltung der Elektromotoren bei den älteren Wagen sieben verschiedene Geschwindigkeitsstufen erzielt werden

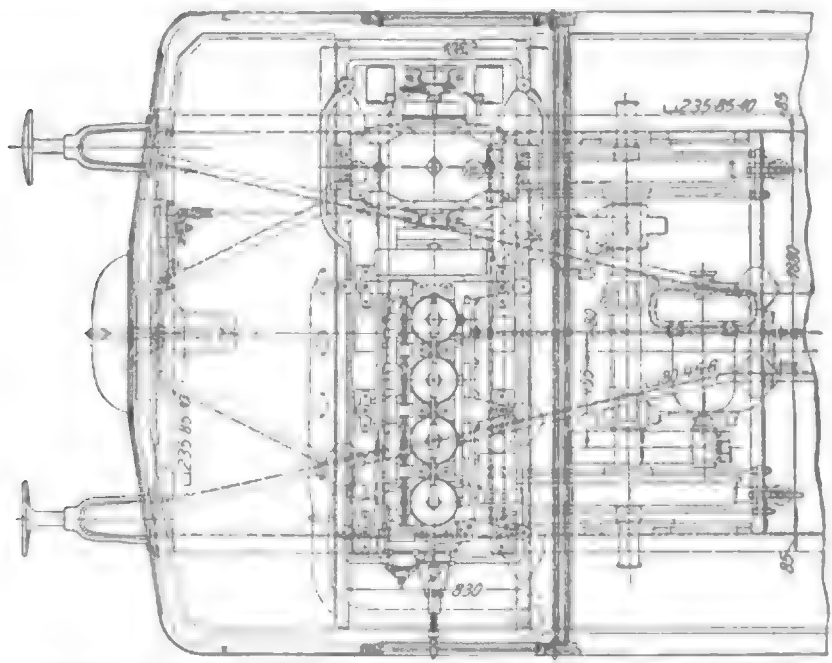


Abb. 32c. Antrieb eines benzinelektrischen Wagens von J. Weitzer.

und damit auch verschiedene Zugkraft. Bei den neuesten Wagen soll jedoch diese Regelung des magnetischen Feldes durch Widerstände ganz fortfallen, weil im Betriebe auf den flachen Strecken doch kein Gebrauch davon gemacht wird. Es wird alsdann nur noch in Reihe und parallel geschaltet werden, und die Regelung der Geschwindigkeit und der Zugkraft erfolgt im übrigen lediglich durch die Regelung des Benzinzuflusses zum Vergaser.

Die Dynamomaschine ist für eine höchste Spannung von 500 Volt gebaut. Das Schaltungsschema der sekundären Einrichtung der Wagen entspricht dem eines Straßenbahnwagens mit zwei Motoren und mit Stromzuführung von außen, so daß die Wagen auch ohne weiteres an der Leitung einer städtischen Straßenbahn unter Ausschaltung der Benzindynamo fahren könnten. Fahrschalter, Anlasser (Kontroller), Widerstände, selbsttätige Ausschalter und Sicherungen sind hier wie dort vorhanden.[1])

[1]) vgl. Bd. I. Zehme, Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen.

Digitized by Google

Die Benzinmaschinen der Weitzerschen Wagen haben vier in einer Reihe nebeneinander quer zur Wagenachse aufgestellte Zylinder, während die Maschine der beiden Wagen der North Eastern Bahn vier liegende, paarweise einander gegenüber angeordnete Zylinder hat, deren Kolbenstangen ebenfalls, wie bei den Maschinen der Weitzerschen Wagen, ein und dieselbe Kurbelwelle antreiben. Bei anderen Wagen sind vier oder sechs Zylinder unter 45° gegen die Senkrechte geneigt einander paarweise gegenüber angeordnet und arbeiten ebenfalls auf eine gemeinsame Kurbelwelle.

Abb. 33c u. d zeigen die innere Ansicht der beiden Klassen eines der neueren benzinelektrischen Schnellwagen der Arader und Csanáder Bahnen. Abb. 34 stellt einen vierachsigen benzinelektrischen Wagen der Ende 1906 eröffneten Bahn Arad-Hegyalja (Weinberggegend) von 1 m Spurweite dar, der ebenfalls aus der Weitzerschen Fabrik stammt. Zur Verteilung des

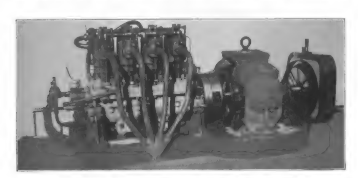


Abb. 33a. Triebmaschine eines benzinelektrischen Wagens von J. Weitzer.

Gewichtes wird der von der Benzindynamo erzeugte elektrische Strom bei diesem Wagen zu dem am anderen Ende befindlichen Drehgestell geführt und treibt dessen beide Achsen mit Zahnradvorgelege an. Die aus einem Hauptzweig von 42 km Länge und einer Abzweigung von 20 km Länge bestehende Bahn berührt sechzehn Ortschaften, durch deren Straßen der Wagen fährt. Das Dienstgewicht des Wagens ohne Reisende beträgt 18·6 t, also 465 kg auf einen Sitzplatz, da der Wagen 24 Sitzplätze II. und 16 Sitzplätze III. Klasse enthält. Außerdem ist ein Gepäckraum, Dienstraum und Abort vorhanden.

Das Mischungsverhältnis von Benzin und Luft, sowie die Menge des der treibenden Verbrennungsmaschine zugeführten Benzins läßt sich von Hand regeln. Das Kühlwasser wird durch die [kleine Kreiselpumpe in Umlauf gesetzt und durch Kühlrohre, die auf dem Dache untergebracht sind, hindurchgeführt. Im Winter dient das bis auf höchstens 75° C erwärmte Kühlwasser zur Heizung der Wagen.

Das Gewicht benzinelektrischer Wagen ohne Batterie ist nicht höher sondern eher niedriger als das von Dampfwagen gleicher Leistung. Die

Digitized by Google

schnellaufenden Benzinmaschinen sind leichter als entsprechend leistungsfähige Dampfmaschinen, die Elektromotoren mit Zubehör sind nicht schwerer als der Kessel nebst Zubehör, und den Vorräten an Kohle und Speisewasser steht das viel geringere Gewicht des Benzins und des Kühlwassers gegenüber. Der Beschaffungspreis der Weitzerschen Wagen ist

Abb. 33b. Führerstand eines Weitzerschen Wagens.

Abb. 33c. Abteil I. Klasse eines Weitzerschen Wagens.

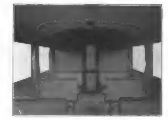


Abb. 33d. Abteil III. Klasse eines Weitzerschen Wagens.

auch nicht erheblich höher als der gleich leistungsfähiger und gleichartig ausgestatteter Dampfwagen. Betriebstechnisch haben die Wagen eine Reihe von Vorteilen gegenüber den Dampfwagen. Wasser- und Kohlennehmen unterwegs fällt fort, ebenso wie die Anlage von Wasserstationen und von Kohlenlagern, sowie von Verladeplätzen. Die Maschinen der Wagen können auch eher durch nur einen Mann bedient werden,

Digitized by Google

als die Maschinen und Kessel von Dampfwagen. Die benzinelektrischen Wagen sind ferner stets dienstbereit, sie sind sauberer als Dampfwagen, ohne Rauch und ohne Gefahr einer Zündung durch ausgeworfene Funken; Rost- und Kesselreinigen, sowie die ständigen Untersuchungen der Kessel fallen fort. Die Wagen haben geringen Reparaturstand, da die Ausbesserungen an den Maschinen selten mehr als einen Tag dauern und bei

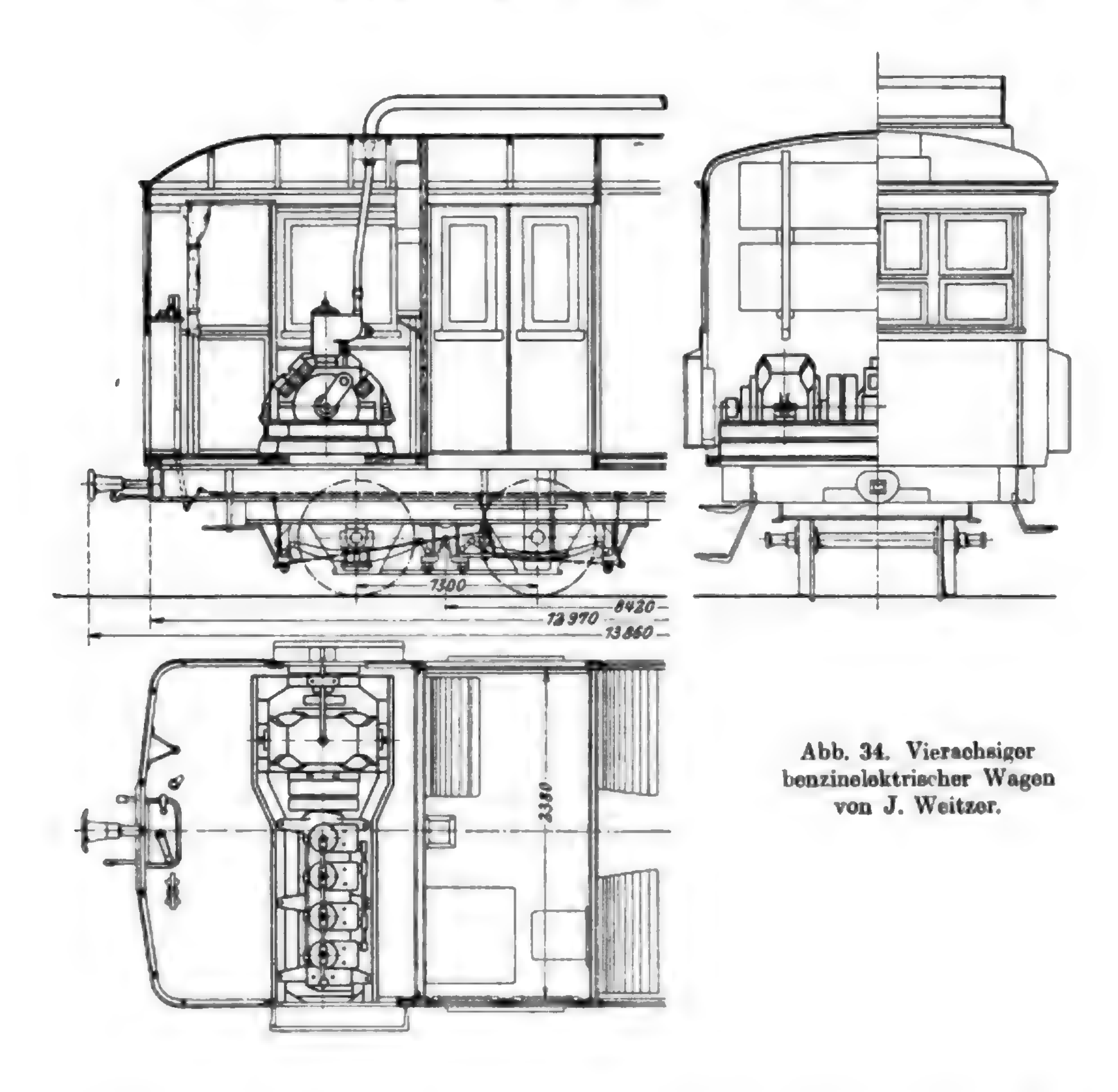


Abb. 34. Vierachsiger benzinelektrischer Wagen von J. Weitzer.

längerer Dauer die Maschinen leicht ausgewechselt werden können. Eine Einrichtung zum Abstellen der Maschine von einer beliebigen Stelle aus ist leicht zu treffen. Die Heizung erfolgt kostenlos durch das Kühlwasser, das je nach der Wärme der äußeren Luft ganz oder teilweise durch das Innere der Wagen geleitet wird.

Bei niedrigen Preisen für Benzin oder einen anderen flüssigen Brennstoff können diese Vorteile die Verwendung von benzinelektrischen Wagen gerechtfertigt erscheinen lassen, trotz ihrer etwas höheren Beschaffungskosten. Noch mehr treten die betriebstechnischen Vorzüge von benzinelektrischen Wagen hervor, wenn sie nur zeitweilig benutzt werden und

wenn dann die sofortige Dienstbereitschaft den Ausschlag gibt, wie bei Hilfswagen, Arztwagen und Saalwagen. Mit einem großen vier- oder sechsachsigen Saalwagen lassen sich bei benzinelektrischem Antrieb hohe Fahrgeschwindigkeiten erzielen, ohne daß eine Schädigung des Oberbaues zu befürchten wäre.

In Arad werden 18 h (15·3 Pf.) für 1 kg zollfreies Benzin berechnet, für Rohspiritus, welcher keine Zollfreiheit bei Verwendung zum Maschinenbetrieb genießt, dagegen 42 bis 45 h, während dessen Erzeugungskosten zu 19 h für 1 kg angegeben werden.

13. Motorwagen mit elektrischen Speicherbatterien.

a) Allgemeines über die Bauart.

Die Wagen mit elektrischen Speicherbatterien sind technisch die vollkommensten, soweit die Ruhe und Annehmlichkeit der Fahrt und die Einfachheit der Bedienung während der Fahrt in Frage kommt. Wichtig ist indessen auch hier für die Vermeidung unruhigen Laufes die gleichmäßige Verteilung der Gewichte. Ein Nachteil der Wagen ist die Kürze der Strecken, die sie ohne Aufladen der Batterien zurücklegen können, und die Länge der Ladedauer. Ferner sind Gewicht, Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der Batterien bedeutend. Für die letzteren muß bei den Wagen der Pfälzer Eisenbahnen[1]) mindestens eine Ausgabe von je 6 bis 7 Pf. auf ein Wagenkilometer gerechnet werden, ganz abgesehen von den Unterhaltungskosten der Wagen an sich und der übrigen elektrischen Ausrüstung der Wagen. Der Betrieb mit solchen Wagen kann deshalb nur bei sehr niedrigen Stromkosten wirtschaftlich sein. Die Pfälzer Eisenbahnen rechnen hierfür 5·2 Pf. auf die Kilowattstunde ohne die Generalkosten der Zentrale und 10 Pf. mit diesen Generalkosten, während die Italienische Südbahn 10 Cent. (8 Pf.) für die Kilowattstunde angab.

Die Belgischen Staatsbahnen besitzen einen solchen Wagen, welcher auf einer 18 km langen Nebenbahn bei Antwerpen verkehrt und 110 km bei einer Grundgeschwindigkeit von 55 km/st zurücklegen kann, bis er eines neuen Aufladens der Batterie bedarf. Bei der Italienischen Südbahn betrug diese Strecke 100 km, bei den Pfälzer Eisenbahnen beträgt sie nur 40 bis 50 km und bei den neuen Wagen der Preußischen Staatsbahnen 60 km, bei letzteren für eine Fahrgeschwindigkeit von 45 km/st. Da bei den Pfälzer Wagen das Aufladen der Batterien ungefähr ebensoviel Zeit beansprucht wie die Dauer der vorher zurückgelegten Fahrt beträgt, so sucht man in neuerer Zeit durch andere Schaltung die Ladedauer erheblich herabzudrücken. Das ist ein betriebstechnisch wesentlicher Umstand.

In Abb. 35 ist ein neuer Wagen der Preußischen Staatsbahnen wiedergegeben,[2]) der 60 Sitzplätze III. Klasse hat und durch Umbau eines vorhandenen dreiachsigen Personenwagens hergestellt worden ist.

---

[1]) Glasers Annalen 1901, Bd. 48, S. 114 ff. und 1903, Bd. 52, S. 232.
[2]) Nach Glasers Annalen 1907, Bd. 61, Heft 3; s. a. ETZ 1907, Heft 32.

Die an beiden Enden befindlichen Führerstände sind nach Art von Bremserhäusern erhöht angeordnet, sind etwas geräumiger als solche und etwas bequemer zugänglich. Die Batterie von 200 Amperestunden Kapazität ist unter den Sitzbänken angebracht, während bei dem früher erwähnten vierachsigen belgischen Wagen die Batterie an den Seitenwänden des Wagens über der Mittellinie der Drehgestelle in vier Abteilungen aufgebaut ist (Abb. 40). Bei dem preußischen Wagen sind zwei Elektromotoren von je 25 PS vorhanden, welche mittels einer Zahnradübersetzung je eine Endachse antreiben. Das Gewicht des betriebsfähigen und belasteten Wagens beträgt 38 t. Der Zugführer (Schaffner) hält sich während der Fahrt auf dem rückwärtigen Führerstand auf und ist mit dem Wagenführer durch eine elektrische Klingel verbunden, aber auch imstande, den Wagen im Notfalle selbst anzuhalten. Unter dem Führerstand liegen die Sicherungen, auf dem Dache des Wagens die Widerstände.

Solche Wagen laufen auf mehreren Hauptstrecken bei Mainz, um den Nahverkehr in den größeren Zugpausen des Fernverkehrs zu vermitteln

Der belgische Wagen kann mit zwei Anhängwagen bei einem gesamten Zuggewicht von 78 t eine höchste Fahrgeschwindigkeit von 80 km/st erreichen. Die Anker der beiden Elektromotoren von je 100 PS Höchstleistung sind lose um je eine Achse angeordnet und mit einem Rade durch Schraubenfedern elastisch verbunden ohne Zwischenschaltung von Zahnrädern.

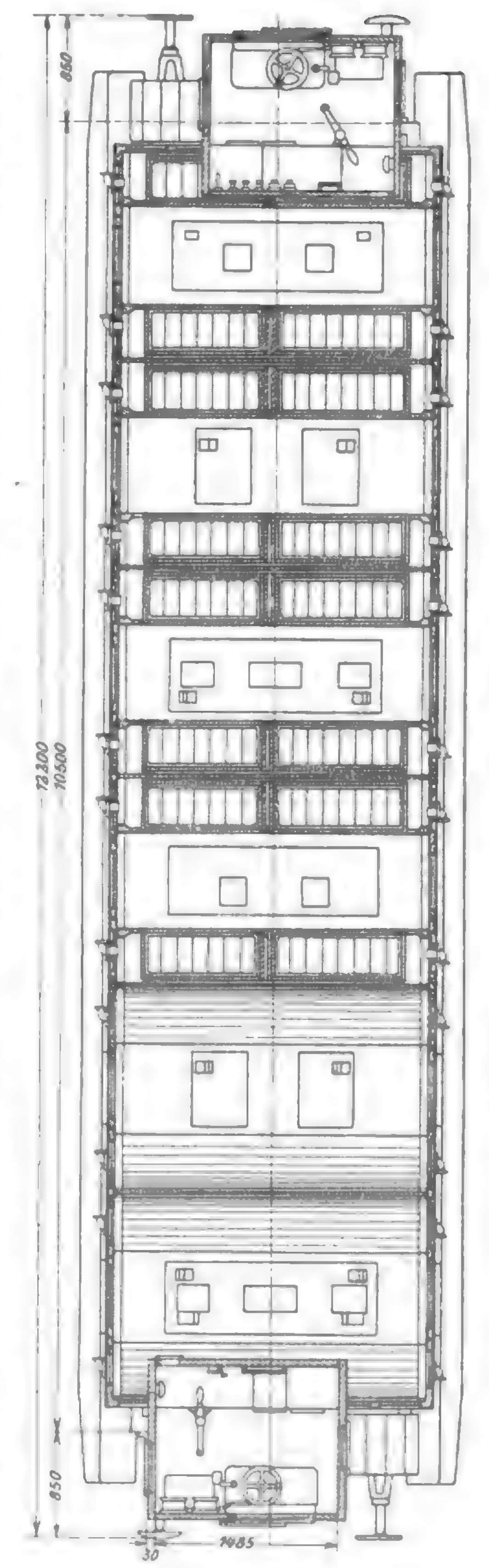


Abb. 35. Akkumulatorwagen der Preußischen Staatsbahnen.

b) Betriebsbedingungen.[1])

Die mannigfachen Störungen und kostspieligen Unterhaltungsarbeiten, die mit den durch Dampf- oder Verbrennungsmaschinen betriebenen Motorwagen verbunden sind, und die ihrerseits in der Vielteiligkeit und schwierigen Beaufsichtigung der maschinellen Einrichtung ihre Ursache haben, gaben schon frühzeitig Veranlassung zu Versuchen mit elektrischen Motorwagen. Die ersten erfolgreichen Probefahrten dieser Art fanden 1893 auf Anregung von Direktionsrat Gayer in Ludwigshafen a. Rh. auf den in der Nähe von Ludwigshafen gelegenen Strecken der Pfälzischen Eisenbahnen statt, und zwar mit so gutem Ergebnis, daß dieser Betrieb nach und nach auf weitere Linien dieses Bezirkes ausgedehnt werden konnte.

Gayer ging von der zutreffenden Voraussetzung aus, daß ein Betrieb von Motorwagen nur dann wirtschaftlich ist, wenn die Anschaffungskosten und Betriebsausgaben durch weitestgehende Ausnutzung des einer Eisenbahnverwaltung an und für sich zur Verfügung stehenden Betriebsapparates auf das denkbar niedrigste Maß herabgebracht werden. Hier mußten also alle Leitungsbahnen von vornherein ausscheiden, da sie bei den nicht unbeträchtlichen Streckenlängen nicht nur hohe Anlagekosten verursachen, sondern auch von der Stromerzeugungsanlage unmittelbar abhängen und diese auch in Zeiten starken Strombedarfs seitens der sonstigen elektrischen Einrichtungen der ganzen Bahnanlage in Anspruch nehmen. Die Entscheidung konnte deshalb bei allen für elektrischen Betrieb noch nicht eingerichteten Bahnen nur auf den elektrischen Speicher für die Stromübertragung vom Kraftwerk aufs Fahrzeug fallen.

Das wirtschaftliche Gelingen des Speicherbetriebes hängt nun von folgenden Grundsätzen ab:

1. Der Ladestrom muß billig sein. Bei bahneignen Kraftwerken muß deshalb die Inanspruchnahme des Kraftwerkes seitens der Motorwagen zu Zeiten des anderweitigen höchsten Strombedarfes vermieden werden, sodaß eine besondere Vergrößerung des Werkes zugunsten der Motorwagenfahrten nicht erforderlich ist.

Das letztere ist aus dem gleichen Grunde beim Bezuge des Stromes aus fremden Kraftwerken der Fall, mit anderen Worten, man lade tunlichst in den billigen Zeiten des Doppeltarifs.

2. Die Wagenkurse sind dort anzuordnen, wo ein regelmäßiger, aber mit Motorwagen allein oder höchstens noch einem Beiwagen zu bewältigender Verkehr herrscht, wobei weiter besonders darauf zu achten ist, daß die Wagen zur rechten Zeit eine Ladestelle finden und nach der Ladung den Betrieb auf der gleichen oder angrenzenden Strecke wieder aufnehmen können. Hierzu kann das in Abb. 36[2]) dargestellte, mit Speicherwagen betriebene und aus zehn Einzelstrecken bestehende Netz der Pfalzbahnen als vorbildlich angesehen werden.

3. In der Anordnung der Wagenkurse ist ferner auf die allmähliche Abnahme der Kapazität der Speicherbatterie Rücksicht zu nehmen und den einzelnen Wagen eine der Kapazität ihrer Batterie allezeit entsprechende Strecke zuzuweisen.

[1]) Die folgenden Ausführungen bis zum Schluß von Abschn. 13 rühren von C. Zehme her.
[2]) Zeitg. des Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907, S. 1215.

4. Die ganze Einrichtung: Wagen, Ladestelle, Werkstatt ist so einfach als möglich zu halten. Zu den betreffenden Arbeiten ist im weitesten Umfange das an und für sich zur Verfügung stehende Bahnpersonal zu verwenden. Die Unterhaltung der Speicherbatterien soll in eigener Verwaltung erfolgen.

Der ungenügenden Beobachtung dieser Gesichtspunkte ist es zuzuschreiben, daß die von mehreren in- und ausländischen Eisenbahnverwaltungen mit Speicherbetrieb durchgeführten Versuche im Gegensatze zu den Erfahrungen der Pfalzbahnen zu einem guten Ergebnis nicht führten, und zwar war es zumeist die unrichtige Auswahl der Strecken

Abb. 36. Das mit Speicherwagen betriebene, im Vorortverkehr stehende Netz der Pfälzischen Eisenbahnen.

und die zu starke Belastung der Wagen mit Anhängwagen, welche das Mißlingen zur Folge hatte. Demgegenüber muß in dem neuerlichen Vorgehen der Preußisch-Hessischen Staatsbahnverwaltung bzw. in der Einrichtung einer großen Anzahl von Speicherbetrieben auf Neben- und Vorortelinien ihres Bezirkes eine Anerkennung des Wertes dieser Betriebsart erblickt werden. Daß dieselbe Bahnverwaltung auf der anderen Seite so tatkräftig in der Einrichtung elektrischen Bahnbetriebes mittels einphasigen Wechselstromes vorgeht, zeigt, daß sie für die einzelnen Fälle die zweckmäßigste Bauart allein das entscheidende Wort sprechen läßt. Es wäre auch in der Tat nicht angängig, für alle Fälle von vornherein eine einzige, und zwar die für große Strecken mit starkem Verkehr vorteilhafte Betriebsart anzunehmen.

Neben diesen auf reinem Speicherbetrieb beruhenden elektrischen Beförderungsarten traten, wie hier der Vollständigkeit halber erwähnt werden soll, auch solche auf, bei denen der elektrische Antrieb nur zur

Digitized by Google

Übertragung der Kraft vom eigentlichen Motor, und zwar Explosions- oder Verbrennnngsmotor, auf die Wagenachsen diente. Hierdurch wird die Verwendung der für Bahnbetrieb vorliegender Art sonst ungeeigneten Motoren ermöglicht, allerdings auf Kosten der Einfachheit, Übersichtlichkeit, Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit.

c) Die Betriebsmittel nebst Zubehör.

Der Schwerpunkt der technischen Einrichtungen für Speicherbetrieb auf Hauptbahnen liegt in den Motorwagen. Daneben kommen die Lade- und Unterhaltungsvorrichtungen in Betracht.

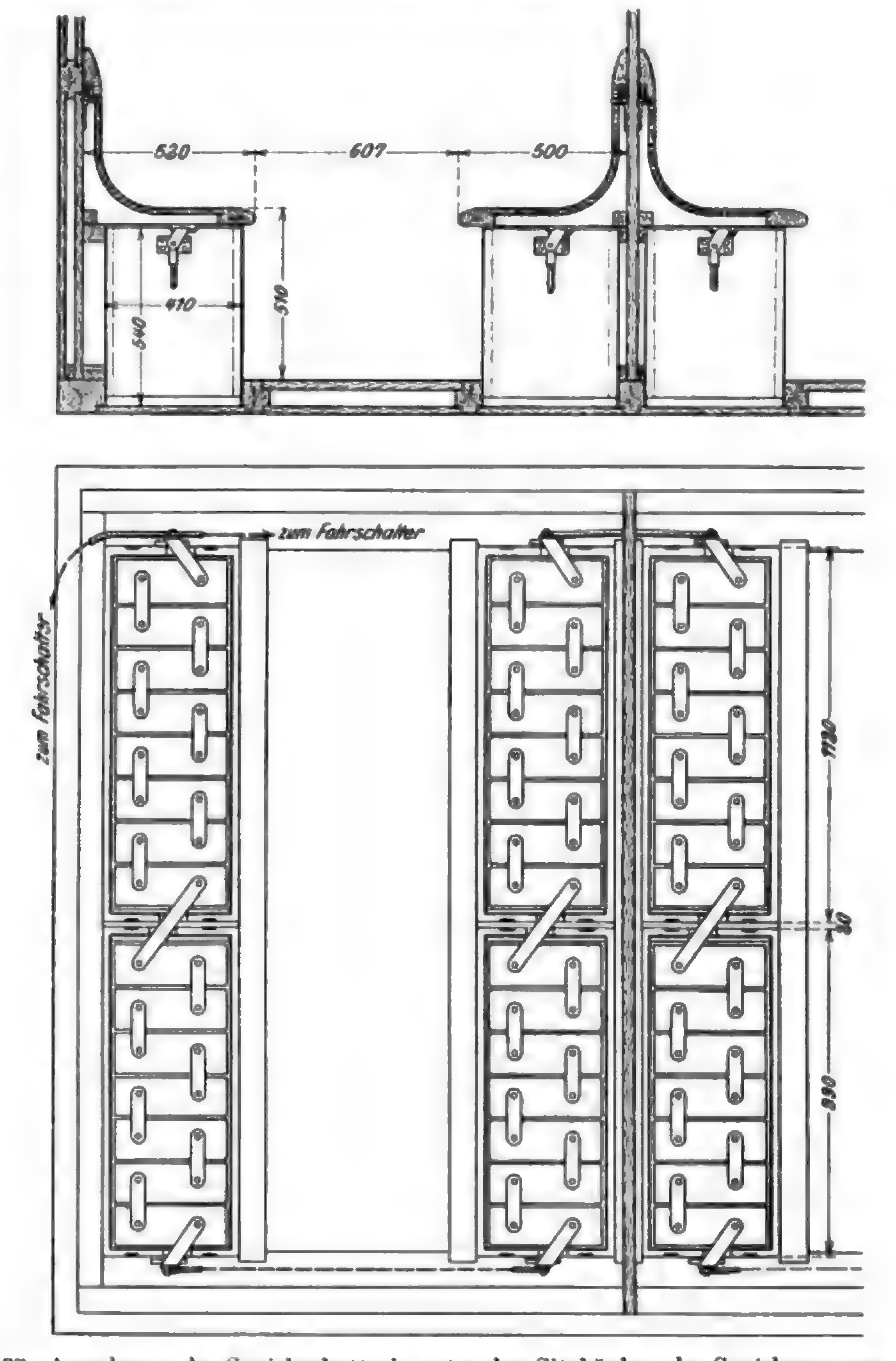


Abb. 37. Anordnung der Speicherbatterie unter den Sitzbänken der Speicherwagen, Mainz.

Digitized by

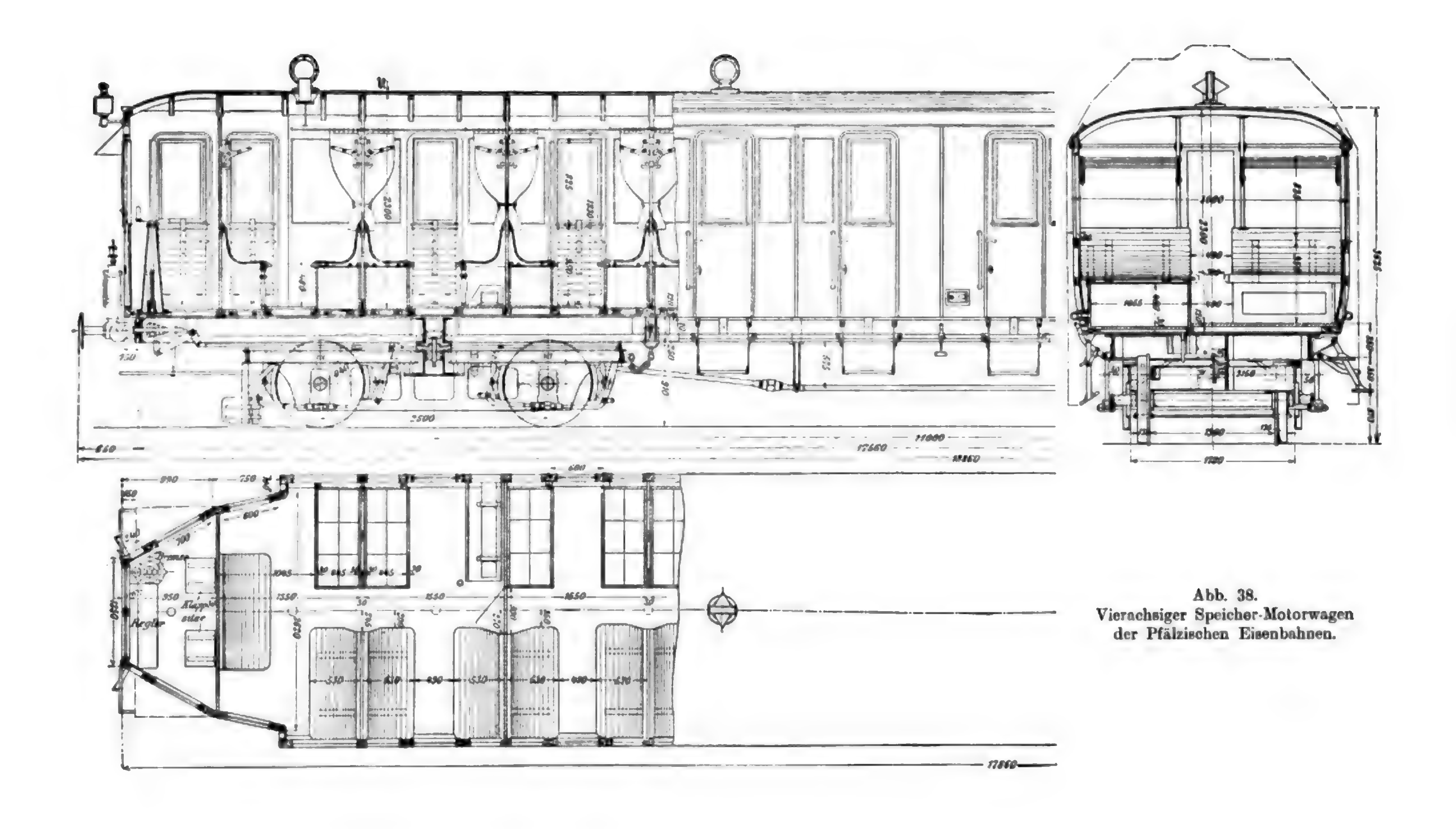


Abb. 38.
Vierachsiger Speicher-Motorwagen der Pfälzischen Eisenbahnen.

Digitized by Google

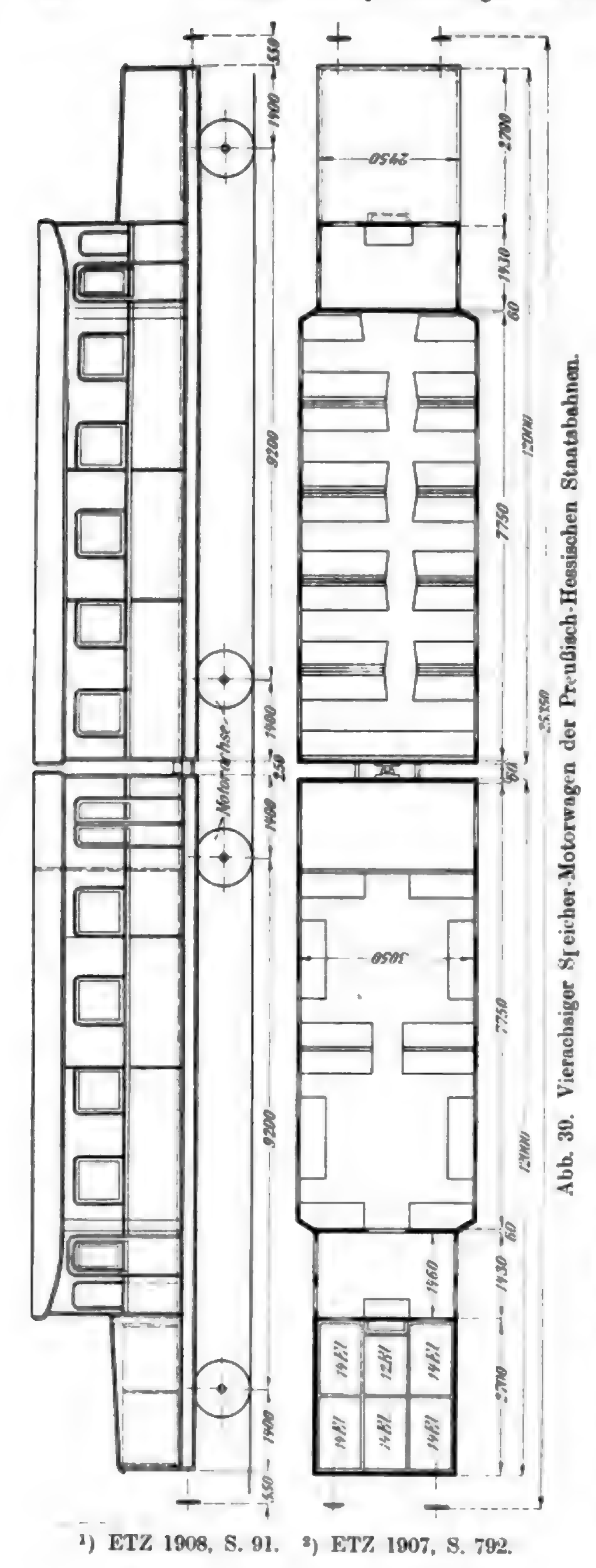


Abb. 30. Vierachsiger Speicher-Motorwagen der Preußisch-Hessischen Staatsbahnen.

Die Motorwagen und Speicherbatterien. Grundlegend für die Ausführung der Motorwagen ist die Anordnung der Batterien. Die Pfälzischen Eisenbahnen haben die Speicher unter den Sitzbänken aufgestellt, welche zu diesem Zweck aufklappbar eingerichtet sind (Abb. 37[1]) u. 38[2]). Die Speicher sind leicht zugänglich und können bei der Ladung, während der alle Bänke hochgeklappt sind, beobachtet werden. Das ist für die Unterhaltung der Batterie wesentlich, da in der Gasung zurückbleibende Zellen schnell erkannt und vor ihrem endgültigen Ersatz einstweilen ausgeschaltet werden können.

Trotz dieser Anordnung hat sich irgend eine Belästigung der Fahrgäste durch Säuredämpfe oder ausspritzende Säure nicht gezeigt. Dagegen ist der Ausbau eines Batteriekastens aus dem Wagen hierbei etwas umständlich. Er erfolgt durch das Ausheben des Kastens mittels eines dreifüßigen Flaschenzuges und Ausfahren auf einen vor dem Wagen an seiner Längsseite befindlichen Tisch. Der große Vorzug der pfälzischen Anordnung besteht in dem geringen Platzbedarf der Batterie. Der in Abb. 39 dargestellte vierachsige Abteil-Motorwagen mit innerer Verbindung der Pfälzischen Eisenbahnen enthält 114

[1]) ETZ 1908, S. 91. [2]) ETZ 1907, S. 792.

Sitzplätze und wiegt bei 15 t Batteriegewicht betriebsfertig ausgerüstet 45 t; auf einen Sitzplatz entfällt demnach ein totes Gewicht von 395 kg, mithin weniger als die im Eisenbahnbetriebe vorkommenden sehr viel höheren Beträge für gezogene Personenwagen gleicher Größe.

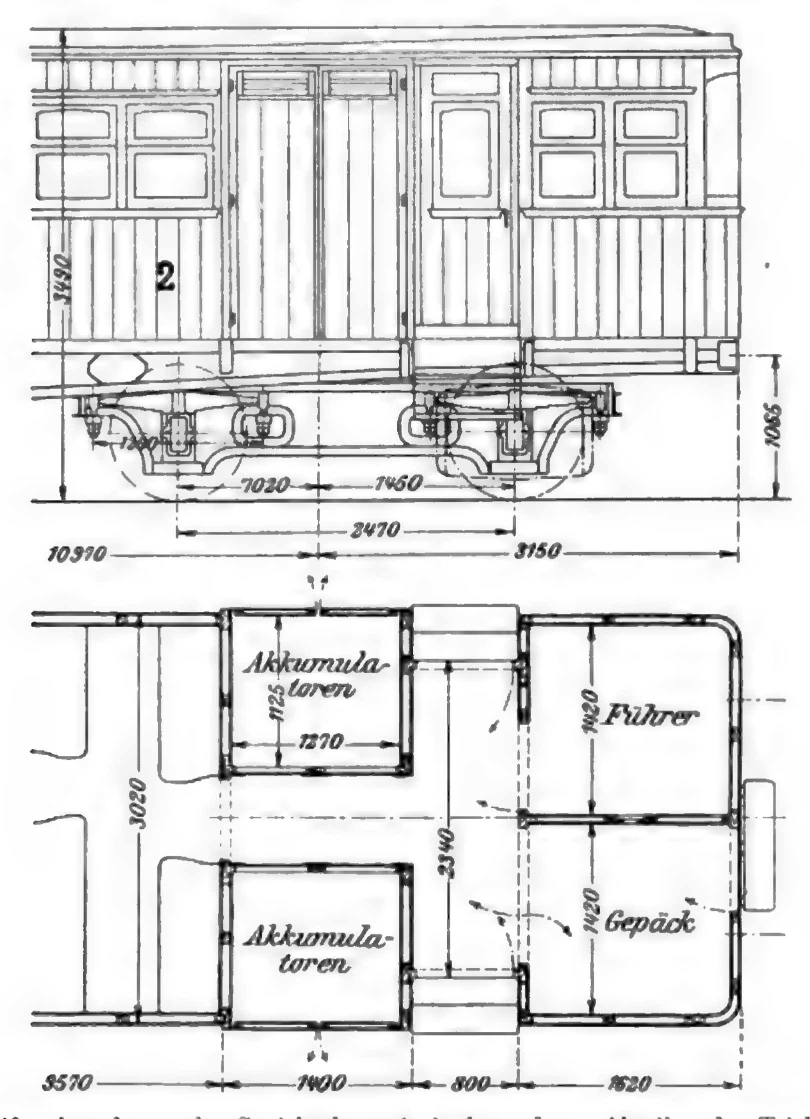


Abb. 40. Anordnung der Speicherbatterie in besonderen Abteilen des Triebwagens.

Um die Batterie auch für ihren Ausbau zwecks Aufarbeitung beziehungsweise völliger Auswechslung leichter zugänglich zu machen, hat die Preußisch-Hessische Eisenbahnverwaltung von dem Einbau der Zellen unter den Sitzbänken gänzlich abgesehen und nach dem Vorbilde von Speicherlokomotiven an den Kopfseiten des Wagens je einen Batteriebehälter angeordnet (Abb. 39). Nach dieser Bauart werden zur Zeit die Motorwagen für eine große Anzahl Vorort- und Zwischenstadtlinien der genannten Eisenbahnverwaltung ausgeführt.

Gegenüber diesen Anordnungen der Speicherbatterien ist diejenige unter dem Wagenfußboden oder in mehreren Etagen innerhalb einer besonderen Kammer (Abb. 40) als unzweckmäßig anzusehen. Die erstere ist

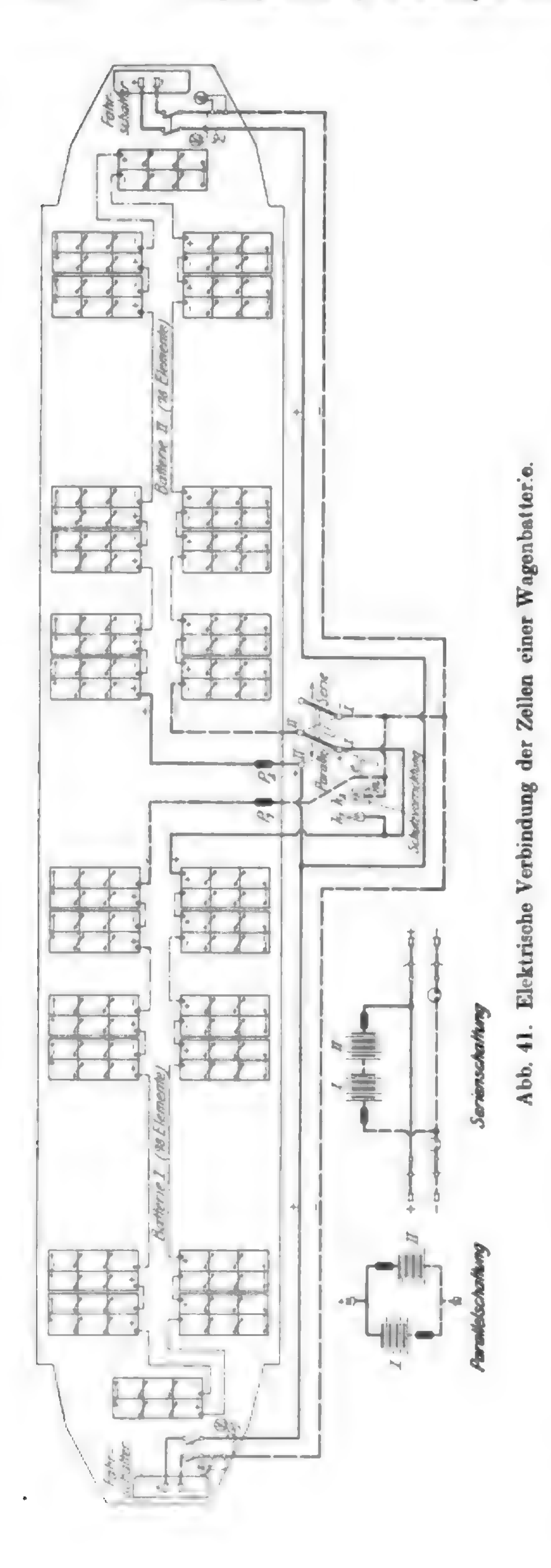


Abb. 41. Elektrische Verbindung der Zellen einer Wagenbatterie.

nicht allein für die Zugänglichkeit nachteilig, sondern führt auch zu störenden Schwingungen und schwerer Ausführung des bei dieser Lage des Speichergewichtes an und für sich schon schweren Wagenkastens.

Die elektrische Verbindung der Zellen einer Wagenbatterie untereinander und mit der Ladeleitung ist in Abb. 41 dargestellt. Das Ladeschaltbrett mit den beiden Steckkontakten k_1 und k_2, den beiden Bleisicherungen P_1 und P_2 und dem Umschalter U befindet sich auf der einen Seite des Wagens in der Mitte des Längsträgers. An dem Umschalthebel ist eine kleine Stange e mit einer Platte m gelenkig angebracht, wodurch in der Entladestellung (Reihenschaltung) ein Einstecken des Ladestöpsels selbsttätig verhindert wird.

Die Motoren und deren Regelungsvorrichtung entsprechen bei den Speicherwagen der bei Bahnen sonst üblichen Ausführung. Die Motoren erhalten Reihen-Parallel-Schaltung, wobei auf den Pfälzischen Eisenbahnen zur Einholung etwaiger Verspätungen oder für Fahrt mit ungünstigem Winde zur Geschwindigkeitssteigerung über die reine Parallelschaltung hinaus noch ein Nebenschlußwiderstand zum Magnetfelde vorgesehen wurde.

Die Berechnung der Motoren wird mit einer Anfahrtbeschleunigung von 0,15 bis 0,25 m/sec² durchgeführt; größere Beschleuni-

Digitized by Google

gungen haben bei diesen Zügen keinen Wert und würden nur zu einer unnötig starken Bemessung der Speicher und Motoren führen.

Nebenschlußmotoren würden bei gesonderter Erregung der Magnete mittels eines Teiles der Speicherbatterie zwar möglich sein, doch würden die bei der Parallelschaltung dieser Motoren bekannten Schwierigkeiten auch hier noch bestehen. Rückladung der Batterie im Gefälle durch die zu Stromerzeugern umgeschalteten und durch den Nebenschluß entsprechend übererregten Motoren ist wegen der umständlichen Gestaltung und Handhabung der Regelung und des geringen Nutzens auch hier nicht zweckmäßig.

Es empfiehlt sich in allen Fällen, die elektrische Einrichtung dieser Motorwagen so einfach als möglich zu halten und die Batterie auf der Fahrt ständig in Reihenschaltung zu belassen. Das allein gewährleistet eine gleichmäßige und geringste Beanspruchung der Speicher.

Die Kapazität der Speicher wird nach der Streckenlänge des mit einer Ladung zurückzulegenden größten Weges berechnet. Die auf diesem Wege erforderliche Energie kann mit dem Einheitswerte von 20 bis 22 Watt-Stunden für das Tonnenkilometer auf mäßig welligem Gelände berechnet werden. Diese Energie dividiert durch die mittlere Entladespannung gibt die verbrauchte Kapazität in Amperestunden. Die tatsächliche Kapazität des neuen Speichers ist um etwa 50% größer zu wählen, damit für etwaigen Mehrverbrauch bei ungünstiger Witterung vorgesorgt wird und der Speicher im regelmäßigen Betriebe nicht bis zur Erschöpfung entladen wird, was den Abfall seiner Kapazität über das Regelmaß beschleunigen würde. Die Kapazität läßt schon an und für sich im Laufe der wiederholten Ladungen und Entladungen nach.

Es wird mithin die Kapazität des Wagens im Laufe des Betriebes der von ihm auf jener größten Strecke geforderten Kapazität immer näher kommen, und dann kann man den Wagen vor Erneuerung der Platten aus diesem Kurse herausziehen und in einen Kurs von geringerer Streckenlänge geben, bis endlich auch die auf der kleinsten Streckenlänge geforderte Kapazität erreicht ist und damit eine Erneuerung der Platten nötig wird.

Durch dieses Verfahren, das auf den Pfälzischen Eisenbahnen üblich ist,[1]) läßt sich die Wirtschaftlichkeit des Speicherbetriebes wesentlich heben.

Die Zellenzahl der Batterie wird aus der an der Ladestelle verfügbaren größten Ladespannung berechnet, wobei man zweckmäßig Parallelschaltung der Speicherbatterie in zwei gleichen Gruppen annimmt, damit die Stromstärken des Motors und der Regelungseinrichtungen nebst Leitungen nicht zu groß ausfallen. Die Ladespannung der Zelle geht im Laufe der Ladung von 1·75 beim entladenen Speicher auf 2·5 des fertig aufgeladenen Speichers, und beträgt im Mittel 2·2 Volt. Es ist also

$$\text{Zellenzahl} = 2 \cdot \frac{\text{größte Spannung an der Ladestelle}}{2{\cdot}5}.$$

Bei einer Spannung an der Ladestelle von 200 Volt und 10% Spannungsabfall für die Speiseleitung, von der Spannung von 220 Volt in der Zentrale, würde also beispielsweise die Zellenzahl gleich

$$2 \cdot \frac{200}{2{\cdot}5} = 156$$

[1]) Zeitg. des Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907, Nr. 81 u. 82.

sein. Die Entladespannung beträgt in Mittel 1·9 Volt für eine Zelle, in unserem Beispiel also 156·1·9 = rund 300 Volt.

Die Entladestromstärke richtet sich nach der Fahrgeschwindigkeit, also nach der Zeit, in der der obengenannte Betrag von 20 Watt-Stunden für das Tonnenkilometer verbraucht wird. So würde sie z. B. bei einer Fahrgeschwindigkeit von 100 km/st doppelt so groß sein als bei 50 km/st.

Die Dauerhaftigkeit des Speichers und der Abfall seiner Kapazität werden durch schnelle Entladung, also hohe Fahrgeschwindigkeiten, ungünstig beeinflußt. Die Entladung erfolgt bei einer Fahrgeschwindigkeit von ungefähr 40 bis 50 km/st in wirtschaftlicher Weise.

Diese Rechnung, wie überhaupt die Berechnung der Kapazität des Speichers, kann natürlich auch aus den Bewegungswiderständen eines Wagens oder Zuges, dem Drehmoment und der bei angenommener Klemmenspannung zugehörigen Stromstärke des Motors, sowie der Fahrzeit der mit einer Ladung zurückzulegenden längsten Strecke abgeleitet werden. Genauer wird indes das Ergebnis auf diesem Wege keineswegs, da hierbei die Unregelmäßigkeiten der Fahrt nicht berücksichtigt werden können.

d) Die Ladestationen.

Über die Lage der Ladestationen sind auf Seite 452 bereits die maßgebenden Gesichtspunkte aufgeführt worden. Ist für sie zwar in erster Linie die Lage der bahneignen Stromerzeugungsstellen (Bahnhofs- oder Werkstattzentralen) bestimmend, so kann es in manchen Fällen doch auch vorteilhaft sein, zur Vervollständigung oder Abrundung eines Netzes Anschluß an eine fremde Stromerzeugungsstelle zu suchen. Abb. 36 stellt die Lage der Ladestellen des mit Speicherwagen betriebenen Netzes der Pfälzischen Eisenbahnen dar, auf dem die bahneigenen von den fremden Stromerzeugungsstellen unterschieden sind.

Zum Anschluß der Ladeleitungen an die Ladestelle bedarf es eines kleinen geschlossenen Raumes. Ein einfaches Bretter- oder Wellblechhäuschen, das an die Abstellgleise der Speicherwagen herangerückt werden muß, genügt zur Unterbringung der Schaltvorrichtungen und Aufnahme des Wärters. Bei den Pfälzischen Eisenbahnen[1]) dient ein hölzernes Bahnwarthaus von etwa 6 qm Grundfläche zu dem genannten Zweck. In demselben befindet sich eine kleine Schalttafel, zu der die von außen eingeführte Speiseleitung hingeleitet wird und auf der eine doppelpolige Sicherung, ein doppelpoliger Ausschalter, ein Stromzeiger und ein Elektrizitätszähler angebracht sind. Diese Ladestation steht mit der Stromerzeugungsstelle durch eine Klingelleitung in Verbindung.

Ist die Ladespannung unveränderlich, so muß zu Beginn der Ladung, da dann die Gegenspannung der Speicherbatterie gering ist, ein Vorschaltwiderstand in die Ladeleitung eingeschaltet werden, damit der Ladestrom nicht eine unzulässige Höhe erreicht. Die in diesem Widerstand entstehenden Energieverluste können bei veränderlicher Ladespannung und gleichbleibendem Ladestrom vermieden werden. Das setzt aber eine eigne Lademaschine voraus. In bahneignen Kraftwerken begegnet eine solche Anordnung wohl keinen Schwierigkeiten, da wie schon oben (S. 452)

[1]) Zeitg. des Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907, Nr. 81 u. 82.

gesagt, die Ladezeit im großen ganzen nicht mit der Zeit der vollen Belastung des Kraftwerkes zusammenfällt, und deshalb eine Dynamo zur Arbeit auf die Ladeleitungen vom großen Leitungsnetze abgeschaltet werden kann. Aber auch bei fremden Kraftwerken wird es unschwer gelingen, eine Dynamo zum Dienst der Motorwagenfahrten während der stillen Tageszeit freizumachen. Die Regelung der Ladespannung erfolgt im Nebenschluß des Stromerzeugers nach den durch Fernsprecher oder Klingelleitung von der Ladestelle her übermittelten Anweisung.

14. Betriebsergebnisse und Wirtschaftlichkeit.

Zum Schlusse sei kurz zusammengefaßt, was in einigen besonders bemerkenswerten Eisenbahnbetrieben auf dem Gebiete der Motorwagen erreicht worden ist.

Am auffallendsten sind die früher erwähnten Erfolge bei den Arader und Csanáder Bahnen, die auch für verkehrsschwache Gegenden in anderen Ländern Muster bilden können. Die Niederösterreichischen Landesbahnen bei Wien haben schon siebzehn Komarekwagen mit gutem Erfolg in Betrieb. Aber auch in näherliegenden Betrieben, wie z. B. auf Nebenbahnen der Eisenbahndirektion Hannover, ferner bei der Hildesheim-Peiner Kreisbahn und der Kerkerbachbahn, sowie auf einigen von Lenz & Co. betriebenen Nebenbahnstrecken haben sich leichte Dampfmotorwagen schon bewährt. Die französischen Verwaltungen sind auch durchweg mit den Leistungen ihrer Dampfwagen auf Nebenbahnstrecken zufrieden und geben Ersparnisse bis zu 30 vom Hundert gegenüber dem Betrieb mit Lokomotivzügen an. Es ist hier versucht worden, mit höchsten Fahrgeschwindigkeiten von 65 und 70 km/st zu fahren, wobei indessen die Purrey-Kessel stark angestrengt werden. Es läßt sich ganz allgemein sagen, daß die Frage gerade für Lokalbahnen mit sehr schwachem Verkehr am klarsten zugunsten der Motorwagen, und zwar insbesondere der Dampfwagen liegt. Auch straßenbahnähnliche Betriebe, wie die Lokalbahn in Debreczin, verwenden mit Vorteil Dampfwagen, und zwar in diesem Falle Stoltzsche Wagen der Ungarischen Waggonfabrik in Raab (Győr). Gegen benzinelektrische Wagen ist nichts einzuwenden als der meist zu hohe Preis des Brennstoffs.

Weniger günstig lauten die Urteile über einzelne kleine Dampfwagen im Zwischenverkehr auf stark belasteten Haupt- oder Nebenbahnen. Die besondere Behandlung und Aufmerksamkeit, welche die Motorwagen beanspruchen, der Mangel an Muße seitens der Betriebsleiter, um sich mit der Ausbildung und Verbesserung von Einzelheiten und mit der Einschulung der Bedienungsmannschaften zu befassen, sowie die größere Unannehmlichkeit gelegentlich vorkommender Betriebsstörungen sind hier ebenso ein Hindernis, wie die Notwendigkeit einer der niedrigen Gesamtzahl gegenüber verhältnismäßig großen Zahl von Ersatzwagen und Bereitschaftswagen. Die vollständige Ausmerzung der Lokomotive aus den Betrieben, in denen Motorwagen verkehren, ist sehr erwünscht.

Erfolgreich sind große vierachsige Dampfwagen in England, insbesondere auf der Taff Vale Bahn, auf welcher jetzt bei einer Gesamtzahl von rund 15 Millionen Reisenden jährlich rund 2 Millionen durch im ganzen 16 Dampfmotorwagen befördert werden. Die Great Western Bahn hat sogar schon 85 solcher Dampfwagen im Betrieb und einen

besonderen Aufsichtsbeamten hierfür angestellt. Die verhältnismäßig leicht gebauten, ganz eisernen, großen Gasolinwagen der Union Pacific Bahn scheinen auch Aussicht auf Erfolg zu haben.

Von den belgischen Belpaireschen Dampfwagen verschiedener Bauart, von denen vor acht Jahren noch 54 Stück in den amtlichen Berichten aufgeführt wurden, sind dagegen im Sommer 1907 nur noch 10 Stück in einem neuntägigen Dienst bei Alost im Betrieb gewesen. Auch diese schon einundzwanzig Jahre alten und heute nicht mehr zweckmäßigen Dampfmotorwagen mit lokomotivartigen Kesseln und Maschinen, einem später nur noch als Kohlenbehälter dienenden, ursprünglich zum Gepäckraum bestimmten Abteil und zwei Abteilen III. Klasse[1]) sollten bald ohne Ersatz ausgemustert werden.

Der noch in Engineering vom 24. August 1906 auf S. 265 erwähnte Wagen der Bahn von Swansea nach dem Badeort Mumbles mit elektrischer Speicherbatterie ist bald außer Betrieb gesetzt worden, weil er sich für den lebhaften Verkehr als zu wenig leistungsfähig erwies.

Unklar ist noch durchweg die Frage nach den Unterhaltungskosten der Motorwagen neuerer Bauart, namentlich der Dampfwagen, indem bis jetzt mehrfach Änderungen und Verbesserungen notwendig waren, die künftig voraussichtlich nicht mehr erforderlich sind, deren Kosten aber bisher auf laufende Unterhaltung gebucht wurden und schwer davon zu trennen sind.[2])

Der Betrieb von Speicherwagen auf Haupt- und Nebeneisenbahnen liegt am besten in den Händen der Eisenbahnverwaltung selbst, falls hierzu geeignete Kräfte und Einrichtungen vorhanden sind.

Die Unterhaltung des Speichers läßt sich in jedem Betriebe in einen ganz bestimmten Turnus einfügen, der, wie auf Seite 459 bereits angegeben, zunächst auf der richtigen Verteilung der in ihrer Kapazität allmählich nachlassenden Wagen auf die einzelnen Strecken beruht und im übrigen aus folgenden Arbeiten besteht:

1. Die Batterie bedarf von Zeit zu Zeit einer Reinigung, darin bestehend, daß die Speichertröge nach ihrer Entleerung von der Säure, vom Bodensatz befreit werden. Dieser von den niedersinkenden Teilchen der Plattenformierung gebildete Bodensatz würde die etwa 50 mm vom Gefäßboden abstehenden Platten berühren und kurzschließen. Die Reinigung erfolgt etwa nach der Zurücklegung von 25000 km.

2. Nach Zurücklegung einer Strecke von 55000 km muß die negative Platte erneuert werden; die positive Platte kann mit den neuen negativen Platten weitere 55000 km im Betriebe bleiben, wonach außer der negativen Platte dann auch die positive der Erneuerung bedarf. Die positive Platte besitzt mithin eine Lebensdauer von 110000 Kilometern. Die früher in bestimmten Zwischenräumen, und zwar mit der nach je 25000 km Fahrweg vorzunehmenden Batteriereinigung, erfolgte Neubestreichung („Aufpastierung") der negativen Platte ist bei der neueren Ausführung der Akkumulatoren-Fabrik A.-G. Berlin nicht mehr erforderlich, wodurch sich die Unterhaltung des Speichers weiterhin sehr wesentlich vereinfacht hat.

---

[1]) vgl. Bulletin du congrès Januar 1905 und den Bericht von Ziffer, S. 6 (siehe Literaturangaben am Schluß).

[2]) Die folgenden Ausführungen bis zum Schluß des Abschnittes rühren von C. Zehme her.

3. Die Füllung der Zellen ist durch Nachgießen von destilliertem Wasser von Zeit zu Zeit zu ergänzen.

4. Die Säure ist in gewissen Zeiträumen einer Prüfung auf ihre Dichte zu unterwerfen.

Die Unterhaltung der Motoren und Schaltvorrichtungen erfolgt gleichzeitig mit den nach je 25000 km Fahrstrecke vorzunehmenden Batterieauswaschungen. Sie besteht in der Untersuchung der Lager, Schmiervorrichtungen und elektrischen Kontakte. Die Schleifbürsten an den Stromwendern der Motoren bestehen aus Kohle. Solche von Lacombe in Frankfurt laufen, gute Motorbauart und richtige Motorgröße vorausgesetzt, etwa 10 bis 12 Monate, ehe sie der Erneuerung bedürfen. Die Stromwender sind unter den gleichen Voraussetzungen nach etwa 150000 km nachzudrehen. Auf vollständiges Rundlaufen der Stromwender ist ganz besonders zu achten.

Die Motorlager sind mit Weißmetallausguß zu versehen und halten, bevor die Erneuerung dieser Ausfütterung erforderlich wird, etwa 75000 bis 100000 km.

Die Speichertriebwagen bleiben für diese Unterhaltungsarbeiten insgesamt nur etwa 12 bis 15% ihrer ganzen Betriebszeit außer Dienst.

Die Betriebskosten der Speicherwagen berechnen sich in folgender Weise:

Energieverbrauch des einzeln fahrenden Triebwagens für 1 t/km 20 bis 22 Wattstunden. Für den Anhängwagen kommen 15 bis 18 Wattstunden hinzu. Energieverbrauch an der Stromerzeugungsstelle rund 30 Wattstunden für 1 t/km.

Unter Zugrundelegung der „Stromkosten" berechnen sich hiernach die Kosten der verbrauchten Energie. Die Stromkosten sind überall verschieden und schwanken, Verzinsung, Abschreibung und Erneuerung eingeschlossen, zwischen 5·0 Pf. bei eigner Stromerzeugung und 10 bis 12 Pf. bei Strombezug aus fremden Kraftwerken.

Die Zugbegleitung besteht aus 1 Wagenführer und 1 Schaffner (Zugführer). Nach den Löhnen und Tagesleistungen der Wagen kann hiernach der auf 1 Wagenkilometer entfallende Betrag berechnet werden.

Die Unterhaltung der Wagen, bestehend in den Beträgen für Speicherbatterie, Motoren, Schaltvorrichtungen und Wagen selbst, erfordert einschließlich Abschreibung, Erneuerung und Verzinsung etwa 8 bis 12 Pf. für 1 Wagenkilometer.

Schließlich erfordern die Wagen an sich für Heizung, Beleuchtung und Reinigung nebst Anstrich etwa 2·0 Pf. für 1 Wagenkilometer.

Die Gesamtkosten belaufen sich mit diesen Teilbeträgen insgesamt auf 30 bis 35 Pf. für das Wagenkilometer, je nach der Größe der Wagen und der Verkehrsstärke.

Literatur über neuere Motorwagen.

1. Bulletin du congrès international des chemins de fer v. Febr. 1900 u. v. Jan. 1905, u. Verhandl. d. Kongresses i. Washington.

2. Bericht von Ziffer über den Automobilismus auf Eisenbahnen in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, Wien 1905, Heft 1 bis 4.

3. Sármezey (Betriebsleiter der Arader und Csanáder Bahnen in Arad):
a) Motorwagen im Eisenbahnbetriebe, Budapest 1904.

b) Die Bedeutung der Motorwagen im Eisenbahnbetrieb, Vortrag v. 14. März 1907, herausgeg. v. Ganz & Co., Budapest.

4. Stockert, Eisenbahnmotorwagen, Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch.-Ver. 1907, Nr. 24.

5. Heller, Der Automobilmotor im Eisenbahnbetriebe, Küsters Autotechnische Bibliothek Bd. 20, Berlin 1906 (erweiterte Ausarbeitung eines in der Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1905, Nr. 38, 40 und 42 veröffentl. Vortrags).

6. Baldoni, Automobile stradali e ferroviarie per transporti industriali, Mailand 1906.

7. Über englische Triebwagen siehe den Vortrag von Riches und Haslam im englichen Maschineningenieurverein, veröffentl. in Engineering v. 24. Aug. 1906, in Railway Gazette, London, v. 18. Jan. 1907 und in The Engineer v. 26. Okt. 1906.

8. Proceedings of the American Society of Mechanical Engineers vom Juni 1907: European railway motor cars.

9. Deutsche Straßen- und Kleinbahnzeitung 1906, Nr. 48 und 49, über de Dion-Bouton-Wagen (Ganz & Co.); ebenda 1906, Nr. 47, und 1907, Nr. 2, über Triebwagen und leichte Lokomotiven der Bayerischen Staatsbahn; ebenda 1907, Nr. 6, 8 und 11, Spitzer über Komarek-Wagen.

10. Zahlreiche Angaben über die Weiterentwicklung der Motorwagen enthalten die letzten Jahrgänge der Mitteilungen des Vereins zur Förderung des Lokal- u. Straßenbahnwesens, Wien.

11. Elektrotechn. Zeitschr. 1907, Heft 32, und 1908, Heft 5 u. 6, über Akkumulatorwagen.

12. Zeitg. des Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907, Nr. 81 u. 82, über Akkumulatorwagen der Pfälzischen Eisenbahnen.

13. Handbuch über Triebwagen für Eisenbahnen, i. Auftr. d. Ver. Deutsch. Masch.-Ing. verf. v. C. Guillery, München u. Berlin 1908.

14. Literaturangaben u. sonstige Einzelheiten in den Aufsätzen v. Guillery:

Triebwagen oder Lokomotive?, Glasers Annalen 1905, Nr. 673, 676 und 677, und in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung des Lokal- u. Straßenbahnwesens 1905, Heft 9 bis 11.

Neueres über Triebwagen für Eisenbahnen, Glasers Annalen 1906, Nr. 705.

Neuere Dampfwagen von Komarek, ebenda 1907, Nr. 722.

Triebwagen für Eisenbahnen, Verkehrstechn. Woche 1907, Nr. 34 u. 35.

Personenbeförderung auf Kleinbahnen, Deutsch. Straßen- u. Kleinbahnzeitg. 1906, Nr. 51 u. 52, und 1907, Nr. 1.

Benzinelektrische Triebwagen von J. Weitzer in Arad, ebenda 1907, Nr. 4.

Mit Triebwagen durch die ungarische Niederung, Zeitg. des Ver. deutsch. Eis.-Verw. 1907, Nr. 55.

Digitized by Google

Neuere Lokomotivsteuerungen.

Von

E. Metzeltin,

Kgl. Regierungsbaumeister a. D., Hannover.

1. Besondere Ausführungen der üblichen Steuerungen.

Die amerikanische Heusinger-Steuerung. Für die Ausführung der üblichen Lokomotivsteuerungen — Stephenson, Gooch, Allan, Joy,

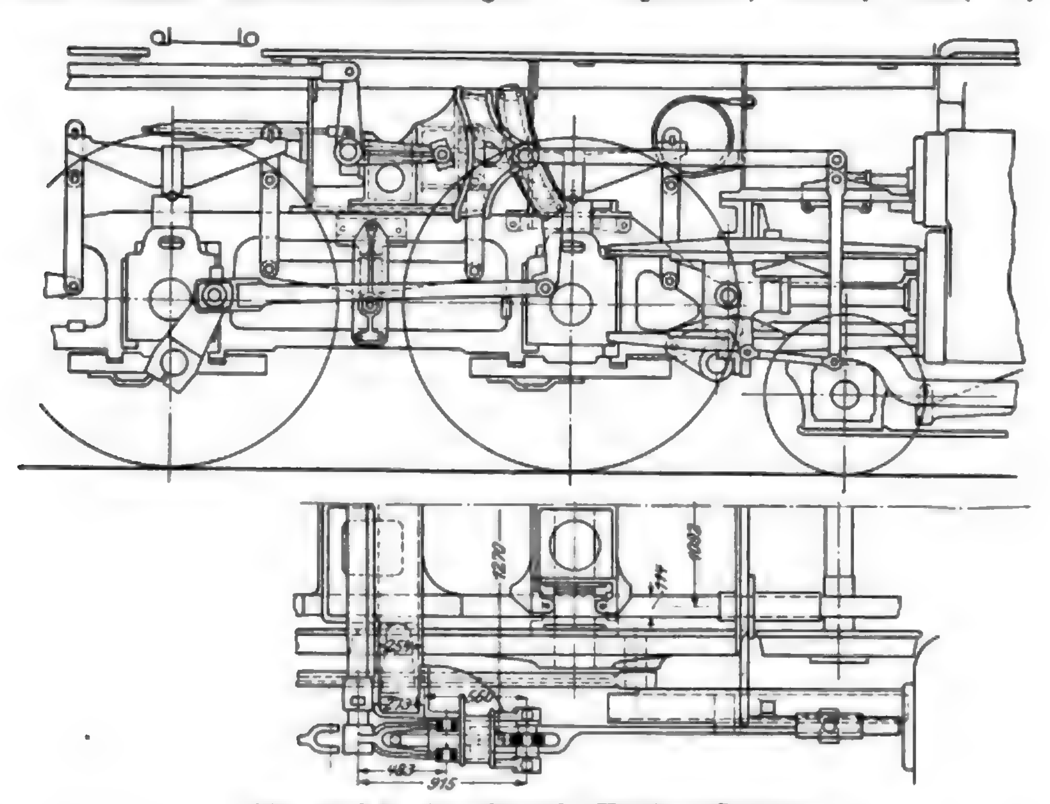


Abb. 1 und 2. Amerikanische Heusinger-Steuerung.

Heusinger — gibt die „Eisenbahntechnik der Gegenwart" zahlreiche Beispiele.

Die Heusinger-Steuerung, die in Europa, namentlich auch für kleinere und kleinste Lokomotiven, immer ausgedehntere Verwendung findet, wird in Erkenntnis der Vorteile, die sie bietet, auch in Amerika, als „Walschaert-Steuerung", seit einigen Jahren sehr häufig ausgeführt. Abb. 1 und 2

geben ein typisches Beispiel der amerikanischen Ausbildung dieser Steuerung bei Verwendung von Barrenrahmen.

Ein kräftiges kastenförmiges Stahlformgußstück, das gleichzeitig als Rahmenverstrebung dient, trägt aufgeschraubt hinten die Steuerwellen-, vorn die Schwingenlager. Auch der Steuerwellenhebel, der die verlängerte Schieberschubstange führt, besteht aus Stahlformguß. Die Schlittenführung für die Schieberstange stützt sich auf den Zylinder und die obere Leitbahn.

Um lange Hängeeisen für die Aufhängung der Schieberschubstange zu erhalten, hat man in Amerika vielfach an Stelle der durchgehenden Steuerwelle zwei kurze Wellenenden rechts und links in Böcken am Kessel gelagert[1]). Die Welle des Steuerungshändels geht dann unterhalb des Führerhauses nach der anderen Lokomotivseite durch und die Zugstange ist für die rechte und linke Seite ausgeführt.

Die Garbesche Heusinger-Steuerung. Besonders leichte und ein-

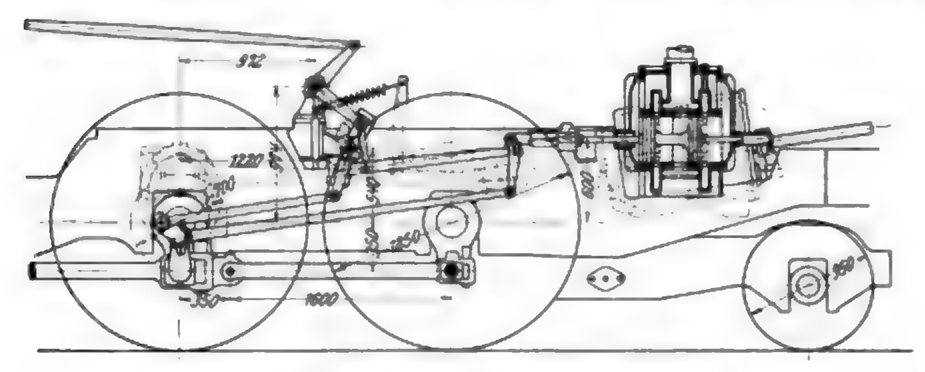


Abb. 3. Italienische Heusinger-Steuerung.

fache Anordnungen weisen die Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen auf[2]).

Die italienische Heusinger-Steuerung. Will man bei Lokomotiven mit Innenzylindern eine außenliegende Heusinger-Steuerung anwenden, so wird die Bewegung für den Voreilhebel am besten nach Abb. 3 von einer Gegenkurbel entnommen, die mit der Exzenterkurbel aus einem Stück geschmiedet wird. Ausgeführt ist diese Steuerung an den $^3/_4$-gekuppelten Personenzug- und Schnellzuglokomotiven der Italienischen Staatsbahnen.

2. Neuere Steuerungen.

a) Steuerung Bauart Orenstein & Koppel.

Die Steuerung der Aktiengesellschaft Orenstein & Koppel[3]), Abb. 4 bis 6, vermeidet hauptsächlich den Einfluß des Federspieles auf die Dampfverteilung.

Senkrecht über der Mitte der Triebachse *a* liegt die Steuerwelle *b*, welche sich mittels geführter Stifte *c* auf die Achsbüchse *d* stützt und somit beim Fahren der Lokomotive dem Federspiel folgt, also von den

---

[1]) Ausführung siehe Garbe, Die Dampflokomotiven der Gegenwart, Textblatt 1.
[2]) vgl. ebendort Tafel I und VII.
[3]) D. R. P. 104045.

Schwankungen des auf den Achsen ruhenden Kessels, Rahmens usw. unabhängig ist. Auf diese Steuerwelle ist beiderseits je ein Lenkerarm *e* fest aufgekeilt, um dessen Endpunkt ein Gegenlenkerarm *f* schwingt.

Am Endpunkt des Gegenlenkers *f* greift die Exzenterstange *g* an, welche durch den an der Triebachskurbel *h* sitzenden Exzenterzapfen *i* bewegt wird. Die Schieberschubstange *k* umfaßt die Exzenterstange *g* im Punkte *l*.

Durch die Bewegung dieses Punktes erfolgt somit die Bewegung des Schiebers *m*. Zur Umlegung der Steuerung für die verschiedenen Füllungsgrade des Vorwärts- und Rückwärtsganges der Maschine dient der auf der Steuerwelle *b* festgekeilte Steuerhebel *n*, der mittels des Steuerhändels *o* vom Lokomotivführer bewegt wird.

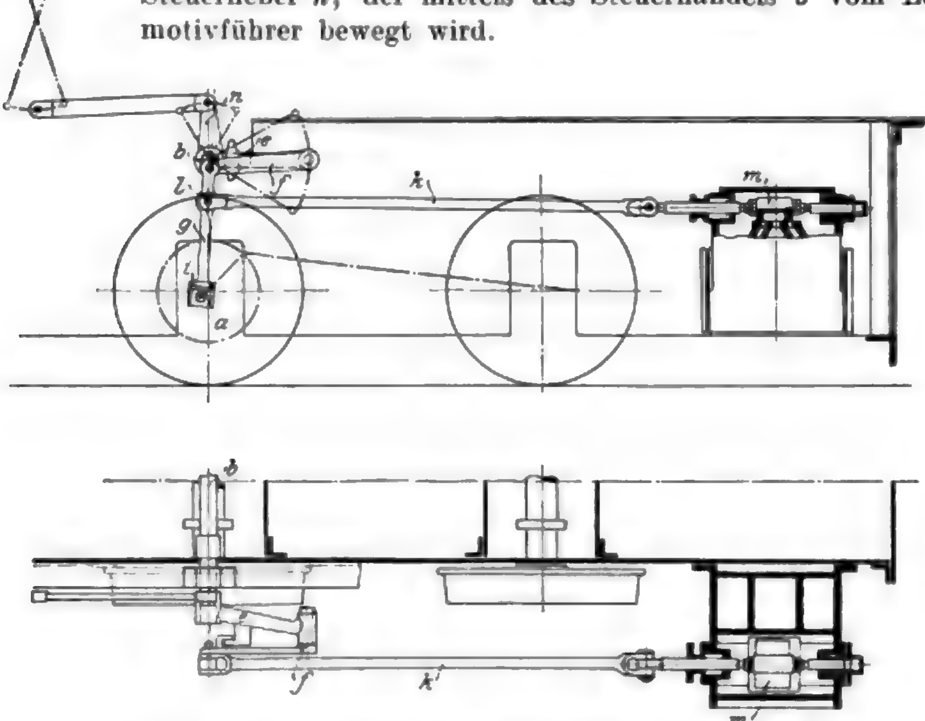


Abb. 4 und 5. Steuerung Bauart Orenstein & Koppel.

Von Vorteil ist die hohe Lage aller Gelenke, durch welche die Steuerung dem Staube möglichst entzogen ist.

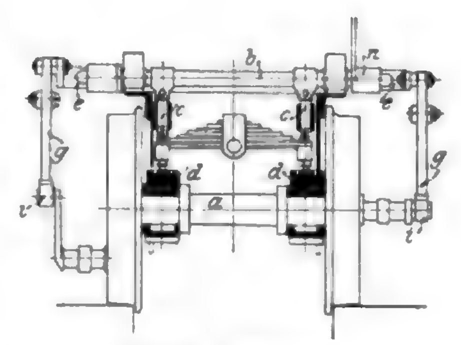


Abb. 6. Steuerung Bauart Orenstein & Koppel.

b) Steuerung Bauart Lentz.

Eine neue Umsteuerung ist diejenige von Lentz, Abb. 7 bis 10.

Das Exzenter *a*, Abb. 9, sitzt um den in der Gegenkurbel befestigten Zapfen *z* drehbar auf einer Büchse *b*, die auf dem in der Achsmitte sitzenden Zapfen *c* verschiebbar ist, aber durch den Keil *d* bei Drehung der Achse mitgenommen wird. Die Büchse ist mit einer schrägen Verzahnung versehen, die in eine entsprechende Verzahnung des Exzenters *a* eingreift. Eine Längsverschiebung der Büchse bewirkt daher, daß das

Exzenter um den Zapfen *z* schwingt und sich damit der Exzentermittelpunkt verstellt. Auf der Büchse *b* sitzt eine nicht drehbare Muffe *m* mit vier inneren ringförmigen Ansätzen *n n*, die eine ungehinderte Drehung der Büchse *b* gestattet.

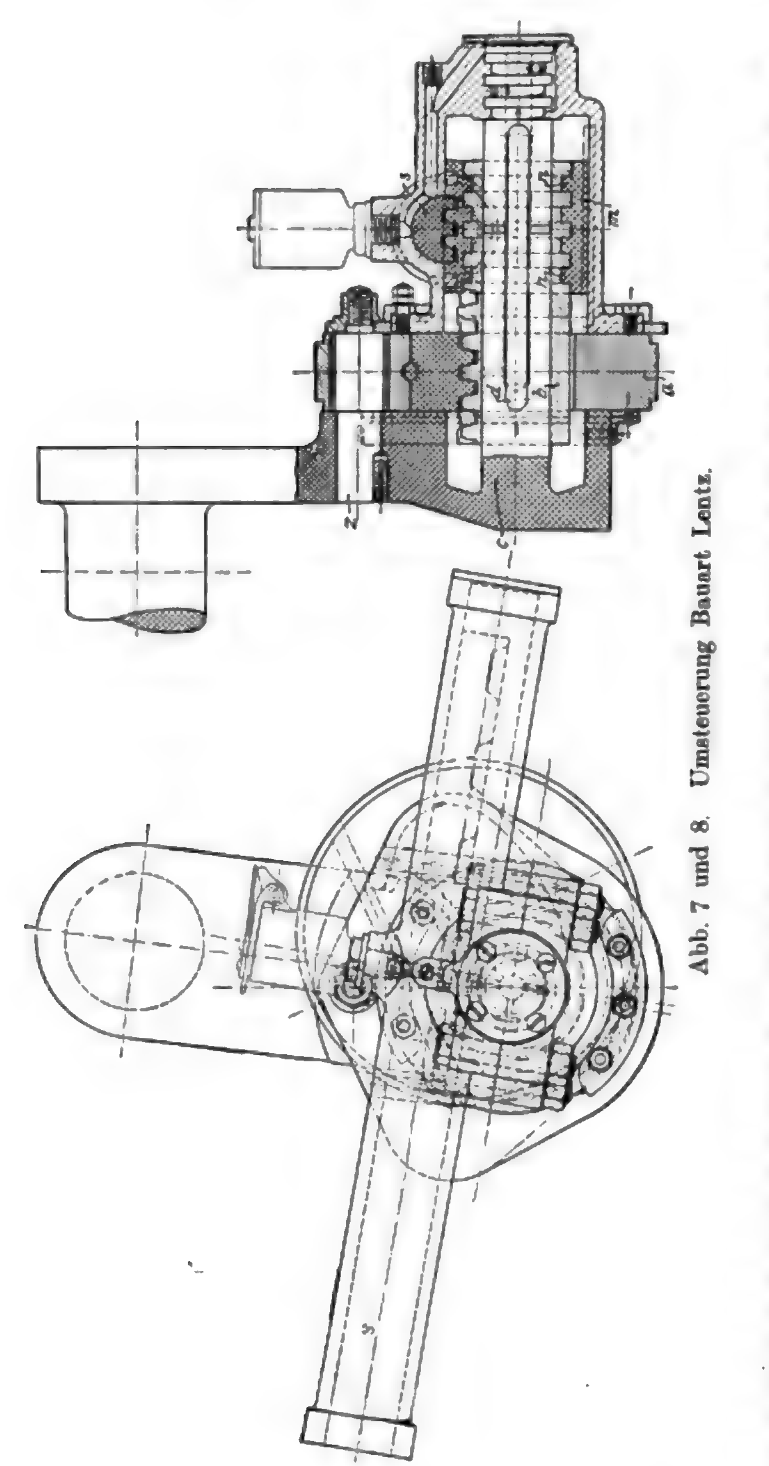


Abb. 7 und 8. Umsteuerung Bauart Lentz.

Außen trägt diese Muffe eine schräge Verzahnung, in die eine gleiche Verzahnung der vom Führerstande kommenden Stange *s* eingreift. Eine Verschiebung von *s* in der Längsrichtung der Lokomotive bewirkt eine axiale Verschiebung der Muffe *m* und gleichzeitig der Büchse *b* und somit die zur Umsteuerung erforderliche Verdrehung des Exzenters. Die auf jeder Lokomotivseite vorhandene Stange *s* wird vom Führerstande aus mittels des üblichen Händels und der unter dem Führerstande liegenden Steuerwelle bewegt.

Der Vorteil dieser Umsteuerung liegt in der im Vergleich zu den üblichen Schwingenumsteuerungen geringen Anzahl von Teilen, der Möglichkeit des staubdichten Abschlusses aller Teile und der mit Rücksicht auf die Länge der Stangen und ihre ziemlich wagerechte Lage fast vollständigen Beseitigung des sonst auf die Dampfverteilung stark wirkenden Einflusses des Federspieles.

Ausgeführt ist diese Umsteuerung an einer $^3/_3$-gekuppelten Tender-

Digitized by Google

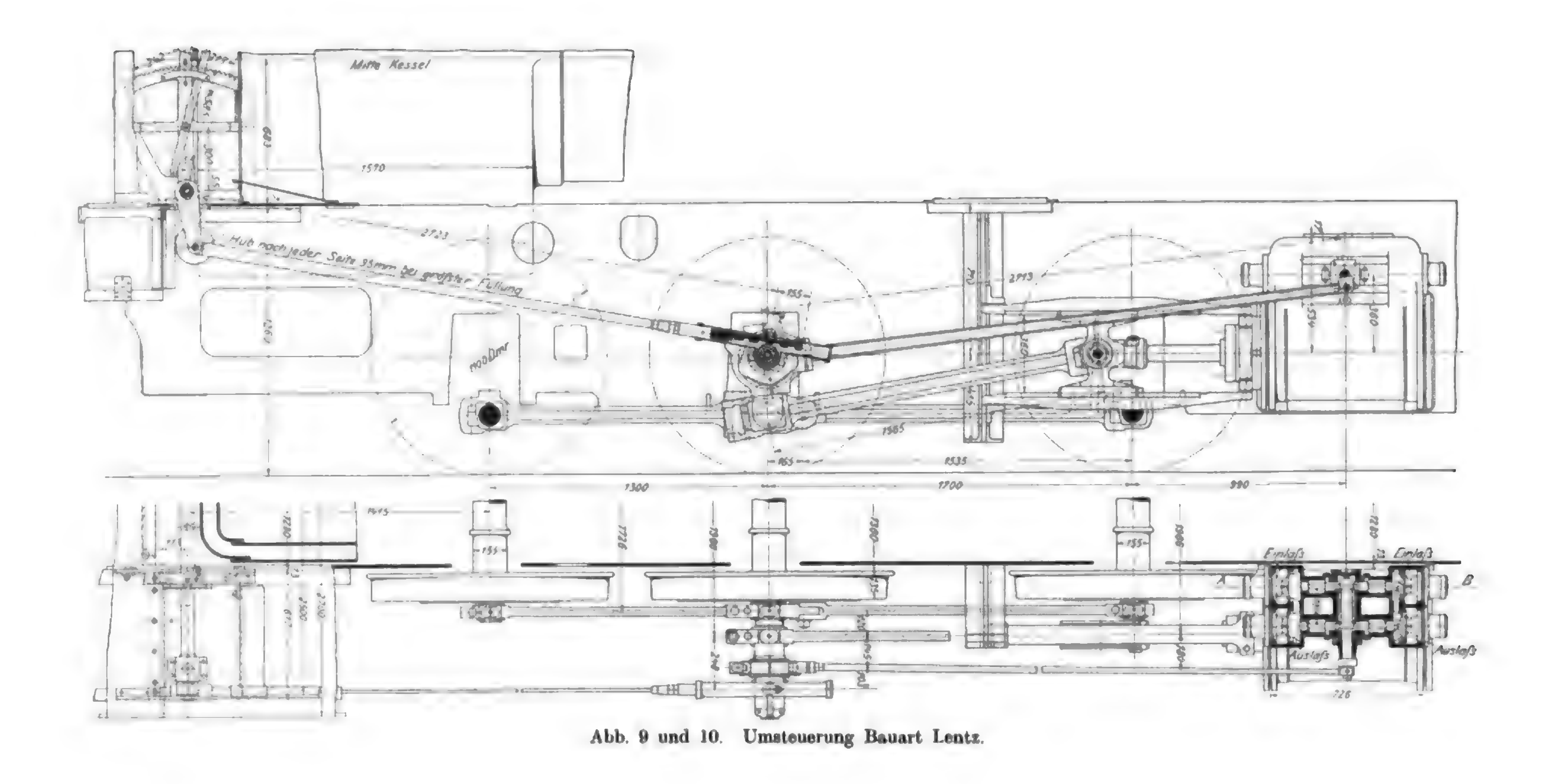


Abb. 9 und 10. Umsteuerung Bauart Lentz.

lokomotive der Preußischen Staatsbahnen und zwar in Verbindung mit der später noch zu erwähnenden Lentzschen Ventilsteuerung.

3. Steuerungen der Vierzylinderlokomotiven.

Besondere Ausbildung haben die bekannten Lokomotivsteuerungen durch die Anwendung des vierzylindrigen Triebwerkes erfahren.

Steuerung de Glehn. Die erste und naheliegendste Ausführung war die von de Glehn. Das Hochdruck- und das Niederdrucktriebwerk erhielten je eine Steuerung. Die beiden dicht nebeneinander oder untereinander liegenden Steuerschrauben sind nach Abb. 11 derart miteinander verbunden, daß der Führer nach Belieben die eine oder die andere oder auch beide gleichzeitig verlegen kann. Ist die Klinke *A*, wie gezeichnet,

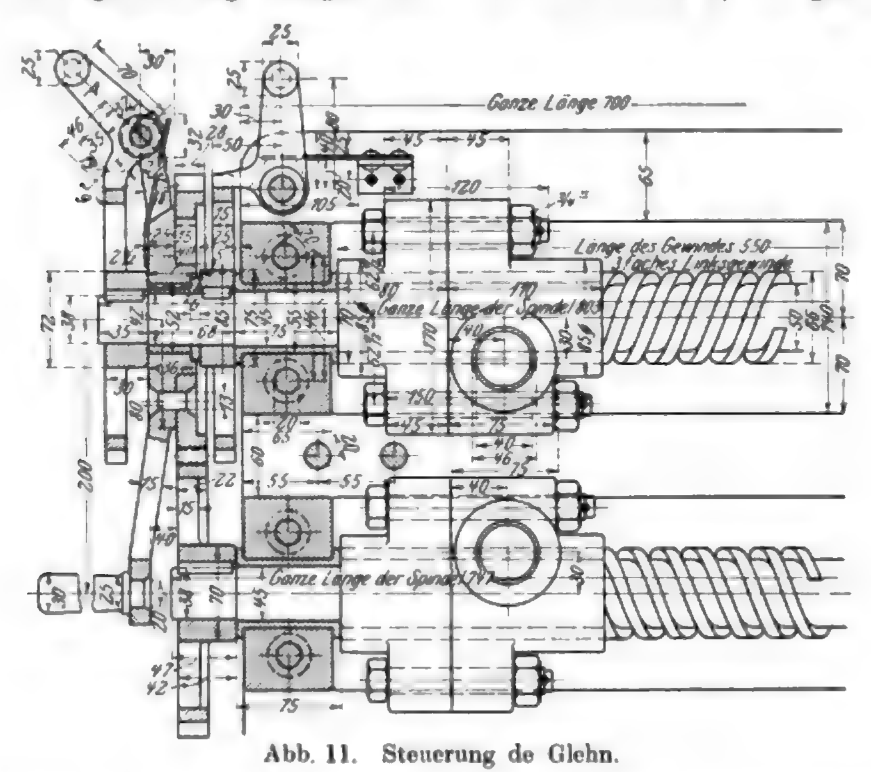


Abb. 11. Steuerung de Glehn.

eingerückt, so wird die Niederdrucksteuerung mitgenommen; ist sie ausgerückt, so wird die Hochdrucksteuerung allein verlegt.

Steuerung der Paris-Orléans-Bahn. Eine Steuerung mit hintereinander angeordneten Spindeln, wie sie die Paris-Orléans-Bahn verwendet, zeigt Abb. 12. DieSpindel für die Niederdrucksteuerung ist hohl; sie kann durch Verstellen der Federklinke *A* mit der Spindel der Hochdrucksteuerung, auf der die Kurbel sitzt, gekuppelt werden.

Steuerung der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn. Eine Vereinfachung der de Glehnschen Steuerung bietet die Steuerung der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn Abb. 13 bis 14.

Die Erfahrung hatte gelehrt, daß es durchaus zweckmäßig sei, bei den üblichen Hochdruckfüllungen die Niederdrucksteuerung ausgelegt zu lassen. Die Paris-Lyon-Mittelmeerbahnsteuerung verwirklicht dies sowie die Umlegung der Niederdrucksteuerung bei Rückwärtslegung der

Hochdrucksteuerung auf folgende Weise: Der Steuerbock trägt eine einzige Steuerschraube mit Handrad in der üblichen Ausführung. Auf der Steuerschraube läuft eine Mutter, welche die Steuerzugstange für die Hochdrucksteuerung bewegt. Die Steuerzugstange der Niederdruckzylinder greift an einem besonderen, am Steuerbock geführten Rahmen an. An diesen Rahmen schlägt die Mutter der Steuerzugstange für die Hochdrucksteuerung an, sobald sie sich entweder von der Rückwärtslage oder der Vorwärtslage der Nullfüllung nähert. Sie nimmt dann die Zugstange der Niederdrucksteuerung mit und bringt sie in die andere Endstellung.

Der Rahmen für die Niederdrucksteuerung verriegelt sich in seinen Endlagen selbsttätig. Die Verriegelung wird ausgelöst durch die Muttern der Hochdrucksteuerung, sobald diese sich ihrer Mittellage nähert.

Um ein plötzliches Verstellen des Rahmens der Niederdrucksteuerung nach der Auslösung durch die Innenkräfte der Steuerung zu vermeiden, ist die Zugstange für die Niederdrucksteuerung mit einer Dämpfvorrichtung D verbunden. Letztere besteht aus einem mit Flüssigkeit gefüllten Zylinder, in dem sich ein einen kleinen Durchströmungsquerschnitt freigebender Kolben bewegt.

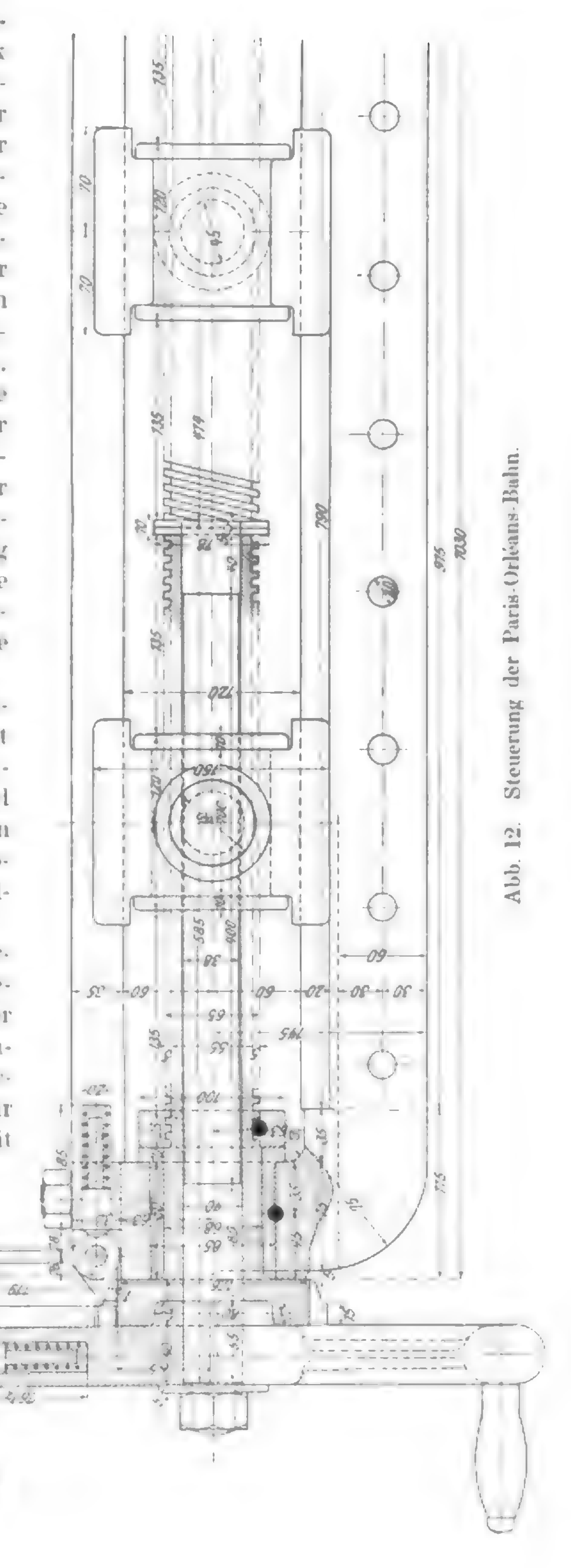


Abb. 12. Steuerung der Paris-Orléans-Bahn.

Um bei vierzylindrigen Verbundlokomotiven mit gleicher Füllung im Hoch- und Niederdruckzylinder eine ungefähr gleichmäßige Arbeitsverteilung auf diese zu erzielen, muß das Raumverhältnis beider etwa 1:2·9 bis 1:3 gewählt werden. Für normalspurige Lokomotiven ist man bei einem solchen Raumverhältnis meist gezwungen, die Niederdruckzylinder nach außen zu legen, obgleich für den besseren Massenausgleich die Verlegung nach innen erwünscht ist. Will man nicht den Rahmen vorn nach außen kröpfen, so lassen sich zwei Zylinder von 570 mm Durchmesser kaum noch unterbringen. Greift man zu einem geringeren, häufig angewendeten Raumverhältnis von etwa 1:2·5, so müssen zur Erzielung gleicher Arbeitsverteilung die Niederdruckzylinder eine um etwa 25% größere Füllung erhalten.

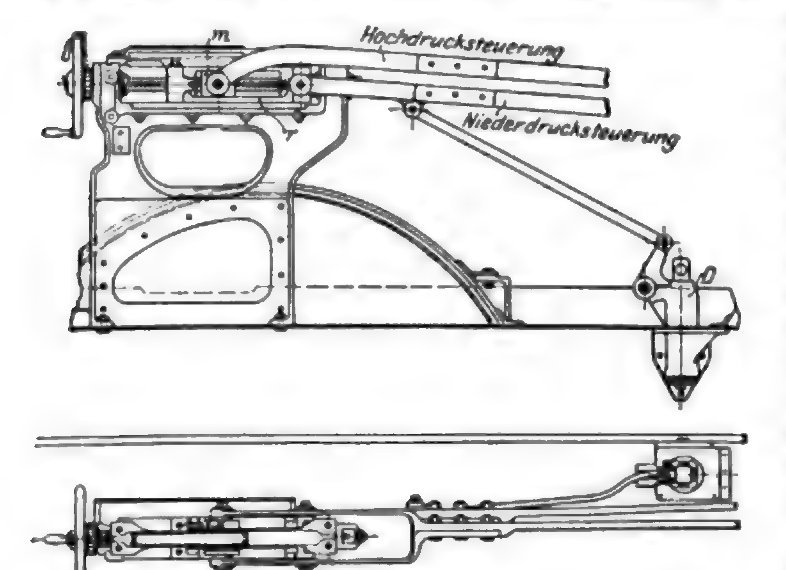


Abb. 13 und 14.
Steuerung der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn.

Im ersteren Falle haben Hoch- und Niederdruckschieber synchrone Bewegung und zwar bei Einströmung von gleicher Seite entgegengesetzte, bei verschiedener Einströmungsrichtung (meistenteils hat der Hochdruckschieber innere, der Niederdruckschieber äußere Einströmung) gleichgerichtete Bewegung. Hierfür genügt die Übertragung der einen Schieberbewegung auf den anderen Schieber mittels zweiarmigen oder einarmigen Hebels. Beide Schieber können somit von einer Steuerung betätigt werden. Um die für den zweiten Fall erforderliche größere Füllung zu erreichen, läßt sich eine ähnliche Vereinfachung nur unter Einfügung eines besonderen Voreilhebels nach der Bauart von Borries erreichen. Steuerungen der ersteren Art sind die von Webb, die der Ungarischen, Österreichischen, Bayerischen[1]), Badischen Staatsbahnen usw., die sich grundsätzlich meist nur durch die Art der Übertragung der Schieberbewegung unterscheiden.

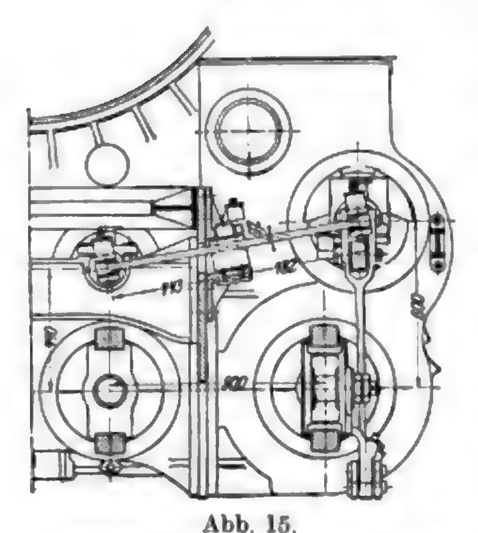


Abb. 15.
Steuerung der Ungarischen Staatseisenbahnen.

[1]) vgl. Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 421.

Digitized by Google

Steuerung der Ungarischen Staatseisenbahnen. Abb. 15 bis 17 zeigen die Steuerung der Ungarischen Staatseisenbahnen. Die Über-

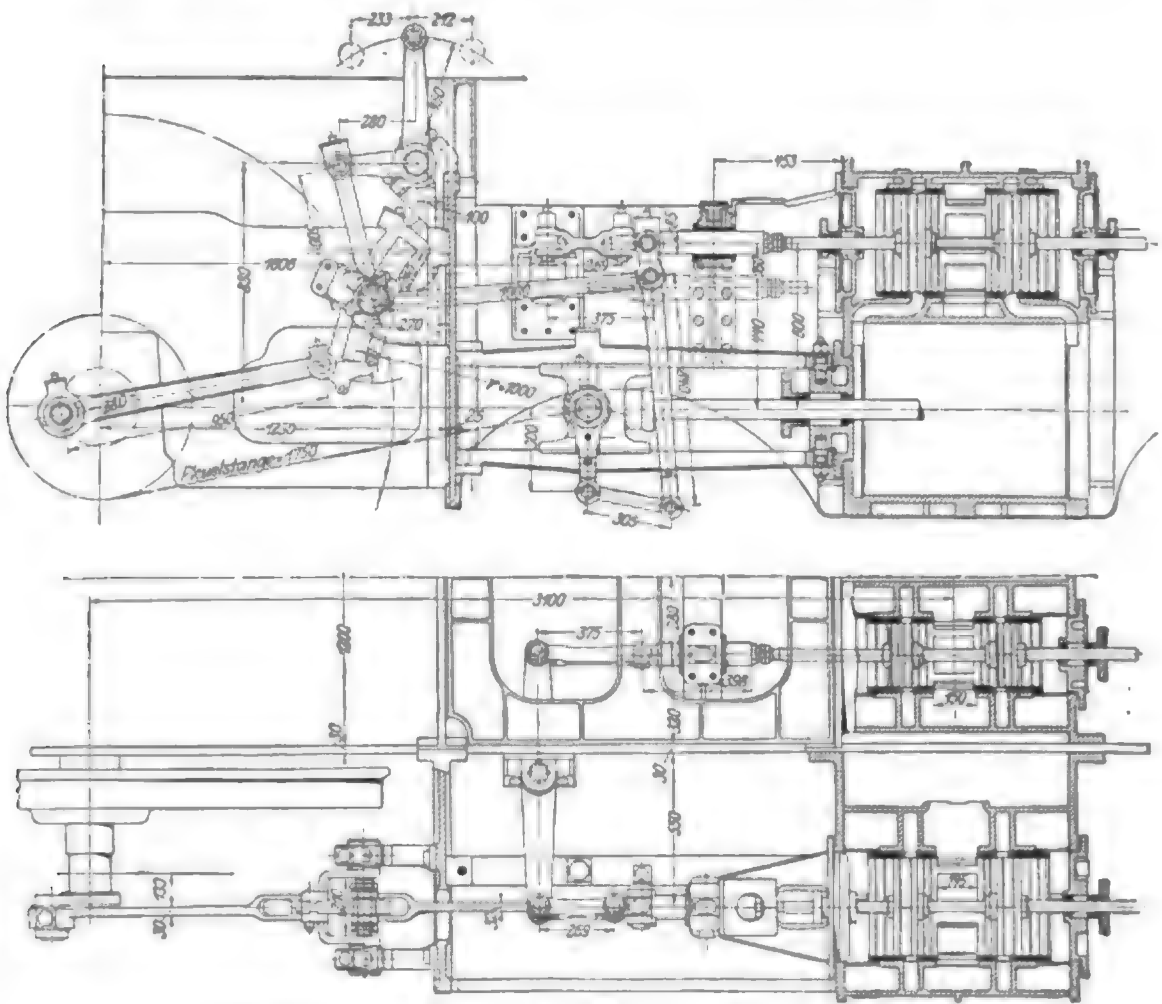


Abb. 16 und 17. Steuerung der Ungarischen Staatseisenbahnen.

tragung der Bewegung nach innen erfolgt durch einen zweiarmigen, etwas geneigt liegenden Hebel, der mit kurzen Gliedern an die Schieberstangen angeschlossen ist. Die Schräglegung des Hebels bietet den bequemsten Ausgleich für die vielfach aus baulichen Gründen erwünschte ungleich hohe Lage der Schiebermittel des Hoch- und Niederdruckzylinders.

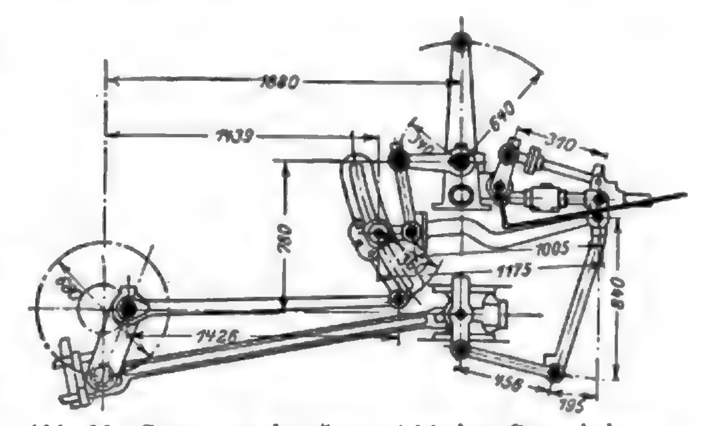


Abb. 18. Steuerung der Österreichischen Staatsbahnen.

Steuerung der österreichischen Staatsbahnen. Bei den vierzylindrigen Lokomotiven der österreichischen Staatsbahnen, die nur

Digitized by Google

Flachschieber mit äußerer Einströmung besitzen, erfolgt die Übertragung durch einen zweiarmigen Hebel nach Abb. 18.

Die Bewegung der Übertragungswelle wird von dem Kreuzkopf der Schieberstange abgenommen.

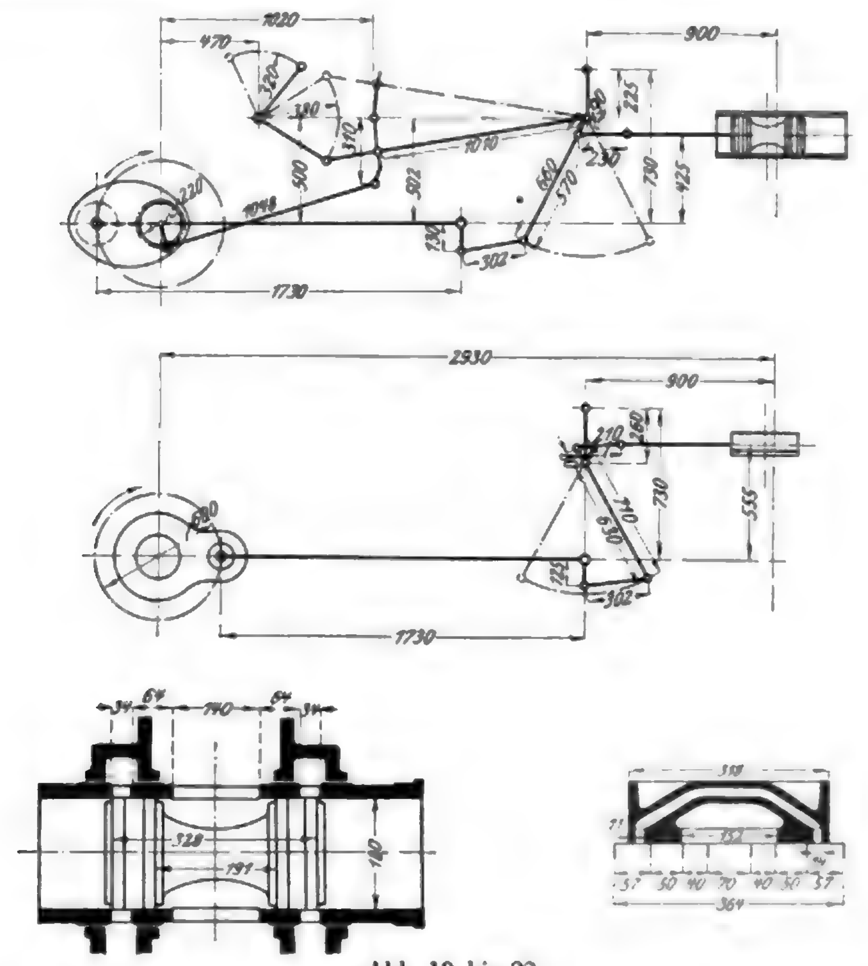


Abb. 19 bis 22.
Steuerung Bauart von Borries für $^2/_5$ S-L der Preußischen Staatsbahnen.

Steuerung Bauart von Borries. Abb. 19 bis 22 zeigen eine Ausführung der von Borriesschen Steuerung bei einer $^2/_5$-gekuppelten Schnellzuglokomotive der Preußischen Staatsbahnen. Die Füllung des Niederdruckzylinders beträgt bei 40 % Hochdruckfüllung 65 %.

4. Steuerungen mit beschleunigter Schieberbewegung.

Die Nachteile der Schwingensteuerungen sind schleichendes Öffnen und Schließen der Dampfkanäle und hohe Kompression bei kleinen Füllungen. Die erste Abhilfe hiergegen waren die Doppelschiebersteuerungen[1]). die bereits 1843 ausgeführt, in den sechziger Jahren sehr häufig waren, dann aber allmählich wieder verschwanden. Vereinzelt tauchten sie auch bis in die neueste Zeit wieder auf[2]), ohne sich jedoch Verbreitung ver-

[1]) Literaturquellen siehe Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1906, S. 196.

[2]) z. B. Steuerung von Haberkorn, vgl. Railroad Gazette 1904, S. 493; Revue générale des chemins de fer 1905, S. 389.

Digitized by Google

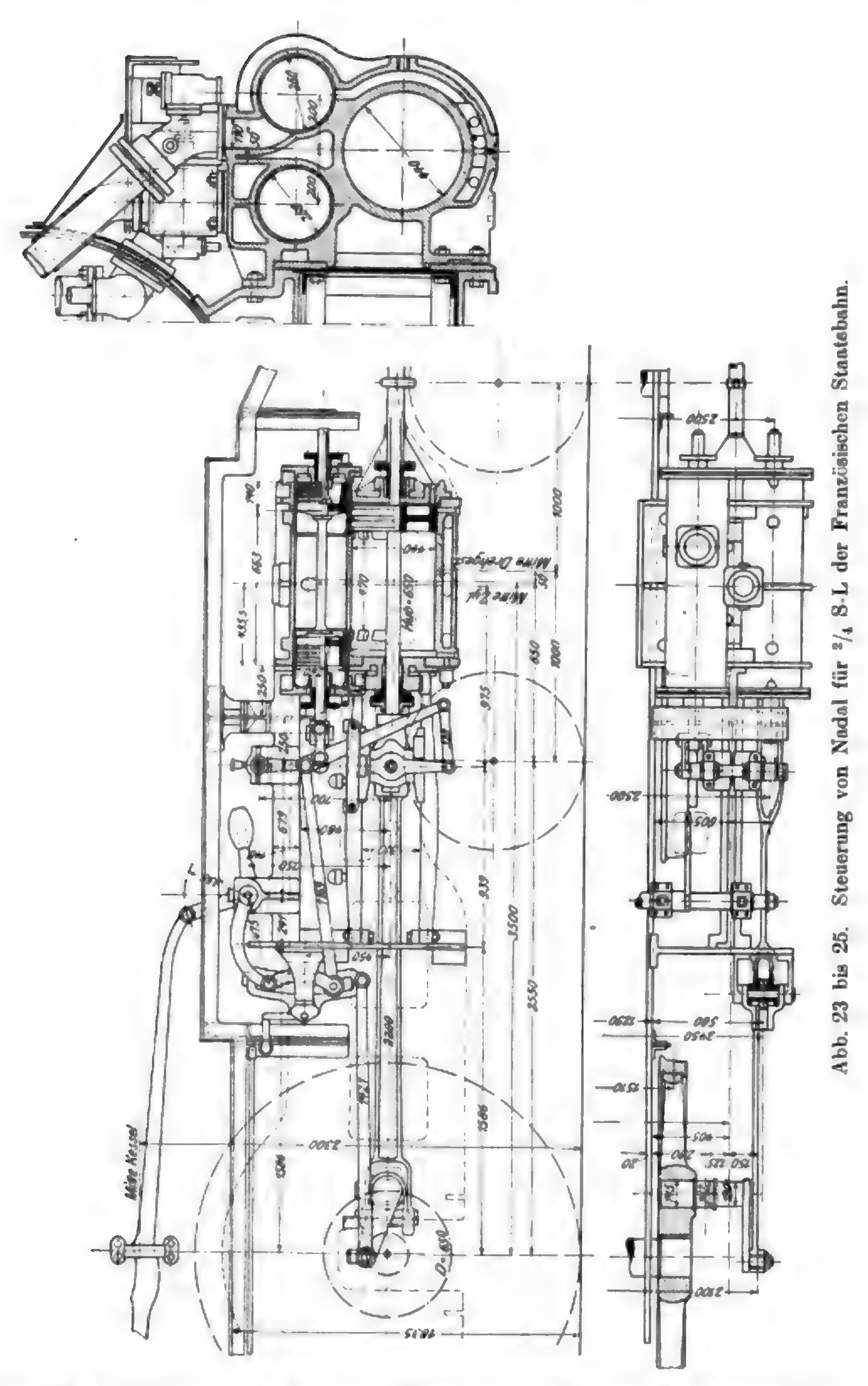


Abb. 23 bis 25. Steuerung von Nadal für $^2/_4$ S-L der Französischen Staatsbahn.

schaffen zu können. Auch die auf Trennung der Ein- und Auslaßschieber beruhenden Steuerungen von Bonnefond, Strong und anderen haben keine Verbreitung gefunden.

Bauart Nadal. Eine neuere Steuerung mit Trennung der Ein- und Auslaßorgane (Abb. 23 bis 25) ist von Nadal an Lokomotiven der Französischen Staatsbahn zur Ausführung gebracht.

Von den beiden nebeneinander liegenden Kolbenschiebern steuert der äußere die Einströmung, der innere die Ausströmung. Ersterer wird von der Heusinger-Steuerung in üblicher Weise angetrieben. Der innere Schieber erhält seine Bewegung von dem Ende der Schieberschubstange durch eine einfache Übertragungswelle, deren Hebelarm außen 260, innen 320 mm beträgt; er wird also von der Bewegung des Voreilhebels nicht beeinflußt, ergibt daher eine gleichbleibende Kompression von etwa 10%. Eine ge-

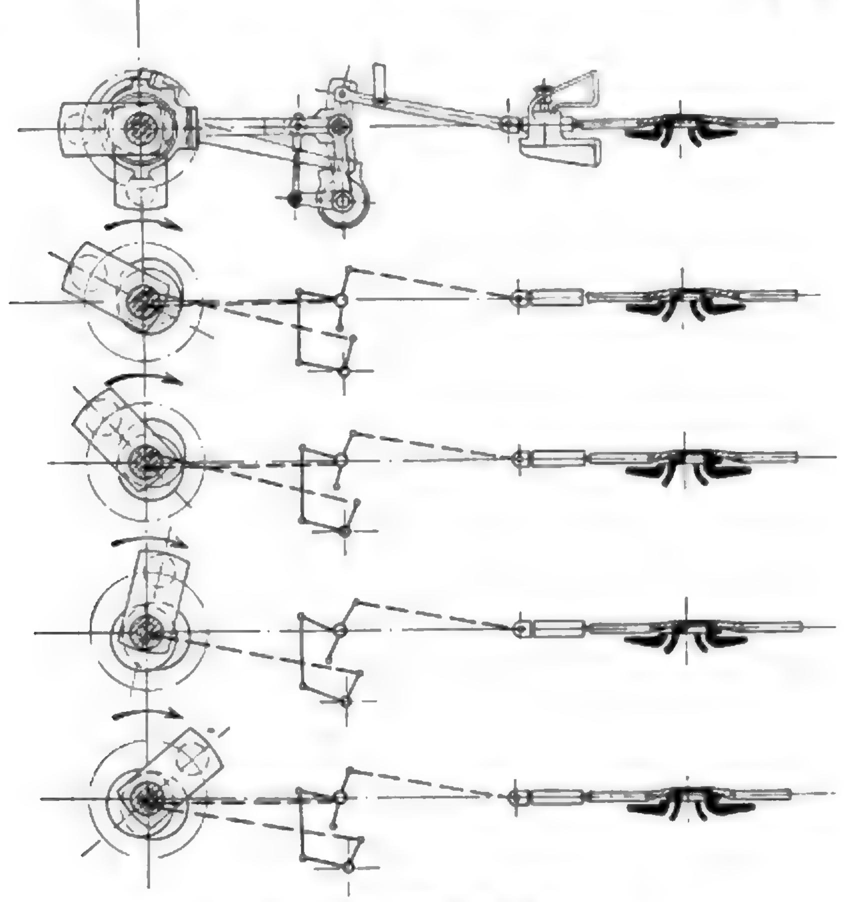


Abb. 26. Steuerung von Marshall.

nügende Vorausströmung wird durch eine negative Überdeckung von 9 mm erreicht. Im Dampfzylinder sind die Ein- und Ausströmöffnungen getrennt und zwar werden letztere vom Kolben bedeckt, wenn er noch etwa 12% seines Hubes zurückzulegen hat.

Abgesehen von dem Vorteil, der durch die größere Völligkeit des Diagrammes, besonders bei kleinen Füllungen, erzielt wird, bietet diese Steuerung noch den Vorteil, daß die beiden Kolbenschieber stets nur von Dampf ziemlich gleichbleibender Wärme bestrichen werden. Es wird sich mithin leichter als sonst ein dampfdichter Schluß der Schieber erzielen lassen.

Bauart Marshall. Die Steuerung von Marshall (Abb. 26), nicht zu verwechseln mit der bei Schiffsmaschinen angewandten alten Marshall-

Digitized by Google

Steuerung, besitzt zwei Exzenter; das eine ist unter einem Winkel von 180° zur Kurbel aufgekeilt und greift mit seiner am Ende gegabelten Stange an dem Drehzapfen der Schwinge an. Diese Drehzapfen sind in zwei Hebeln gelagert, welche sich um eine feste unterhalb der Schwinge im Rahmen gelagerte Welle drehen. Das zweite Exzenter hat etwa 90° Voreilung und greift mit seiner Stange an dem einen Arme eines Winkelhebels an, der sich ebenfalls auf der oben erwähnten festen Welle dreht.

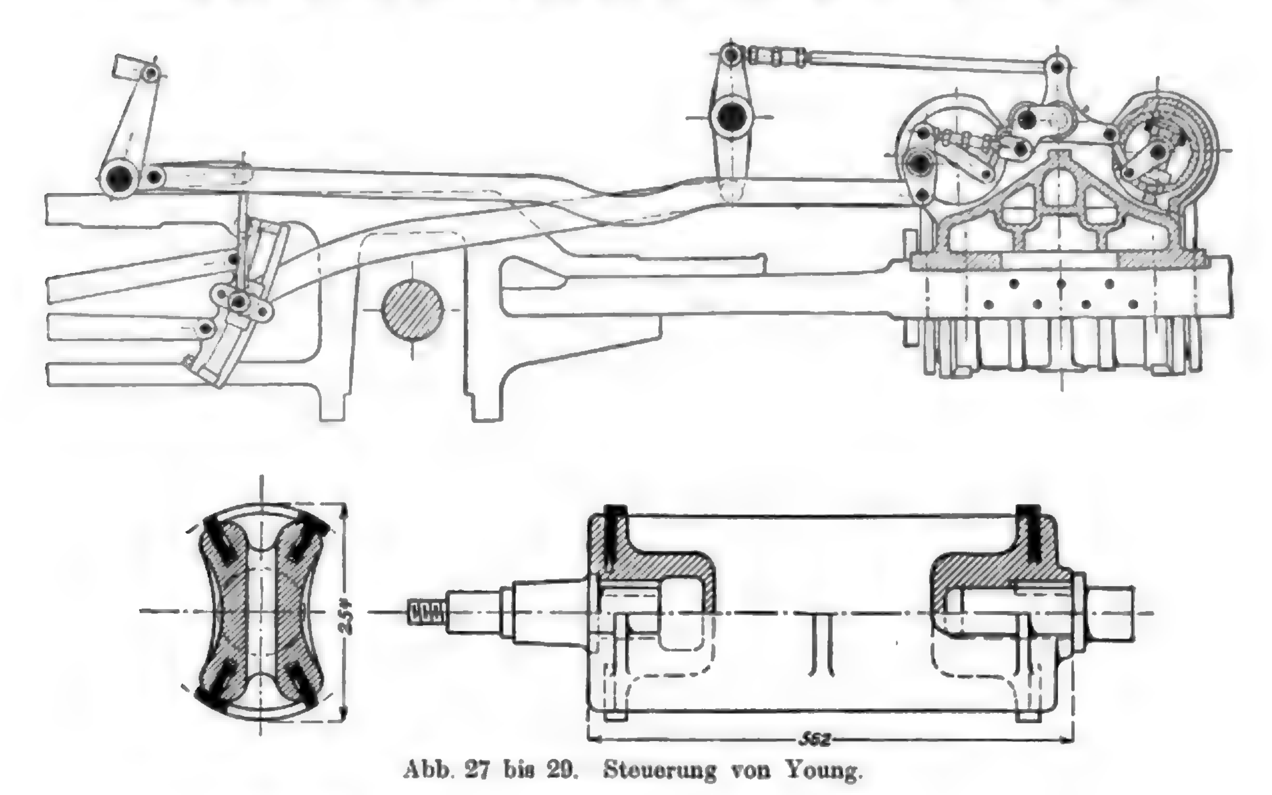


Abb. 27 bis 29. Steuerung von Young.

Der andere Arm dieses Winkelhebels ist durch eine senkrechte Stange mit den nach hinten verlängerten Zapfenschildern der Schwinge verbunden. Der Stein wird durch die übliche Hebelanordnung in der Schwinge gehoben und gesenkt.

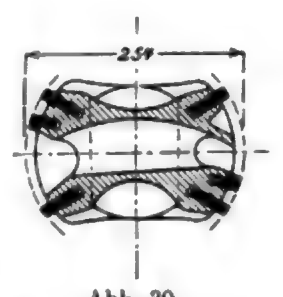


Abb. 30. Steuerung von Young.

Durch die Verbindung beider Bewegungen (Hin- und Herschieben der Schwinge durch das erste, Kippen derselben durch das zweite Exzenter) wird ein schnelles Öffnen und Schließen der Ein- und Ausströmung und ein längeres Verharren des Schiebers in seinen Endstellungen bei vollgeöffneten Kanälen erreicht. Abgesehen von der zu erzielenden größeren Völligkeit des Diagrammes, sowohl auf der Einström-, wie auf der Ausströmseite, wird in den ungünstigen Kurbelstellungen, bei denen sonst bisweilen nur noch ganz geringe, stark drosselnde Kanalquerschnitte offen sind, ein schnelles Einströmen des Dampfes gewährleistet, so daß ein schnelles Anziehen auch schwerer Züge möglich ist.

Angewendet ist diese Steuerung an fünf Stück $^2/_4$-gekuppelten Schnellzuglokomotiven der Great Southern and Western-Bahn in Irland.

Digitized by Google

Weitere Verbesserungen der Schwingensteuerungen sind durch Anwendung von Drehschiebern versucht. Bekannt ist die auf der Paris-Orléansbahn angewendete Steuerung von Durant und Lencauchez[1]).

Bauart Young. Eine neuere Lösung dieser Aufgabe bietet die Steuerung von Young[2]) (Abb. 27 bis 29). Diese ist eine Verbindung der Stephensonschen Schwingensteuerung mit einer Corliss-Steuerung. Die Schwenkplatte der letzteren wird von der Schieberschubstange bewegt; sie ist aber nicht fest gelagert, sondern wird durch eine mit der Steuerwelle verbundene Stange beim Auslegen der Steuerung etwas gehoben. Infolgedessen wird trotz Anwendung der Stephenson-Steuerung die Voreilung bei kleineren Füllungen nicht kleiner oder größer, sondern bleibt fast unverändert. Letzteres hätte sich natürlich auch durch Wahl einer anderen Steuerung (Gooch, Heusinger usw.) erreichen lassen. Der Vorteil der Youngschen Bauart liegt in der Anwendung der Corliss-Steuerung, die gegenüber der gewöhnlichen Steuerung eine größere Kanalöffnung und einen schnelleren Abschluß ergibt. Die Dampfdiagramme werden daher um einen gewissen Betrag völliger, und daraus folgt eine etwas gleichmäßigere Umfangskraft an den Triebrädern.

Die erste Youngsche Steuerung wurde im Jahre 1901 an einer Lokomotive der Chicago and North Western-Bahn probeweise angebracht. Trotz einiger anfänglicher Schwierigkeiten entschloß man sich im Jahre 1903 zu einem weiteren Versuch an einer $^{2}/_{5}$-gekuppelten Schnellzuglokomotive mit 508 mm Zylinderdurchmesser, 660 mm Kolbenhub, 2057 mm Triebraddurchmesser und 41·3 t Reibungsgewicht. Abb. 27 zeigt die Anordnung der Steuerung dieser Lokomotive, Abb. 28 und 29 den Quer- und Längsschnitt eines Corliss-Schiebers. Diese Lokomotive ist seit 1903 ununterbrochen im Betriebe und soll sich außerordentlich bewährt haben. Die Chicago and North Western-Bahn gibt an, daß die im Vergleich mit einer gleichen Kolbenschieberlokomotive ausgeführten Versuche einen Dampfverbrauch von nur 8·72 kg/PS_i-st gegenüber 10·35 kg bei letzterer Lokomotive, also eine Ersparnis von rund 15 v. H. an Wasser ergeben hätten. Auch hat die Lokomotive 213000 km durchlaufen, bevor die Reifen nachgedreht worden sind.

Auch die Delaware and Hudson-Bahn hat seit Dezember 1905 eine $^{3}/_{5}$-gekuppelte Güterzuglokomotive von 533 mm Zylinderdurchmesser, 660 mm Kolbenhub, 1600 mm Raddurchmesser und 59 t Reibungsgewicht mit Youngscher Steuerung im Betrieb. Abb. 30 gibt einen Schnitt durch den etwas anders ausgebildeten Corliss-Schieber. Auch bei dieser Lokomotive ist die Voreilung für die Einströmung gleichbleibend gehalten. Die Anordnung ist jedoch derart, daß die Steuerung, wenn voll ausgelegt, mit 3 mm positiver innerer Überdeckung arbeitet, bei $^{1}/_{4}$ Zylinderfüllung aber mit 3 mm negativer innerer Überdeckung.

Ob sich die Corliss-Schieber auf die Dauer bewähren werden, ist zweifelhaft; nach den bei ortfesten Anlagen gemachten Erfahrungen arbeiten sie bei hohen Dampfspannungen, die doch hier in Frage kommen, nicht einwandfrei. In Deutschland, wo man in besonders starkem Maße die Dampfausnutzung durch Arbeiten mit hoher Eintrittspannung zu steigern

[1]) vgl. Eisenbahntechn. der Gegenwart. I. Bd., S. 280.

[2]) Railroad Gazette 1904, S. 519, 1906, S. 103; Revue générale des chemins de fer 1905 II, S. 587.

bestrebt ist, ist man in den letzten Jahren von Drehschiebersteuerungen immer mehr abgekommen. Werden sie überhaupt noch verwendet, so beschränkt man sich darauf, sie an den Niederdruckzylindern anzuordnen.

Bauart Allfree-Hubbel. Erwähnenswert ist auch die Steuerung von Allfree-Hubbel[1]) (Abb. 31 u. 32).

Die Welle *a* wird von der Schwinge aus mit Hilfe eines Gestänges bewegt, das an dem Hebel *b* angreift. Die beiden Arme *cc* der Welle

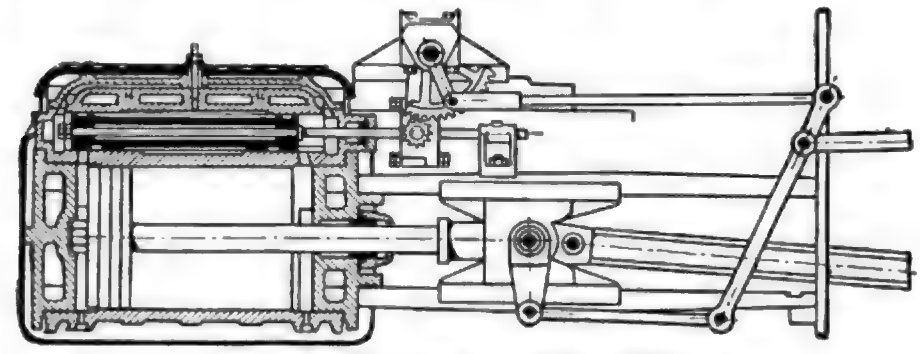


Abb. 31. Steuerung von Allfree-Hubbel.

tragen eine Achse *d*, deren mittleres Stück *e* exzentrisch zu den beiden Lagerzapfen ausgebildet ist; bei *e* greift die Schieberstange an. Auf das eine Ende der Achse *d* ist ein Zahnrad *f* aufgekeilt, das mit dem Zahnbogen *g* in Eingriff steht. Letzterer dreht sich frei auf der Welle *a* und wird vom Kreuzkopfe aus in schwingende Bewegung gesetzt. Die Schieberbewegung setzt sich also aus der von der Schwinge abgeleiteten Drehbewegung der Welle *a* und der vom Kreuzkopf abgeleiteten Bewegung der exzentrischen Welle *e* derart zusammen, daß sich eine Beschleunigung der Schieberbewegung während der Öffnung und des Schlusses der Kanäle, eine Verzögerung gegen die Endlagen der Schieber ergibt.

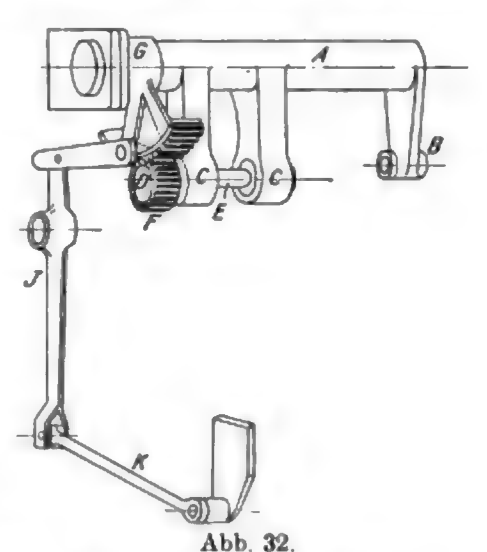


Abb. 32.
Steuerung von Allfree-Hubbel.

Die Vorteile dieser Steuerung sind die gleichen wie bei der Young-Steuerung, es erscheint aber fraglich, ob die Zahnradübertragung sich auf die Dauer bewähren wird, insbesondere bei hohen Umlaufzahlen.

Ausgerüstet ist mit dieser Steuerung je eine Lokomotive der Central Railroad of New Jersey und der Pittsburg and Lake Erie-Bahn. Letztere Bahn gibt an, gegenüber einer gleichen Lokomotive mit entlastetem Flachschieber 4·9 v. H. an Kohlen und 10 bis 15 v. H. an Wasser erspart zu haben.

[1]) vgl. Railroad Gazette 1905, S. 58, 290; Revue générale des chemins de fer 1905 II, S. 388; Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1906, S. 185; Engineering 1905 II, S. 386.

5. Ventilsteuerung Bauart Lentz.

Im Dampfmaschinenbau hat man, besonders seit Einführung des Heißdampfes, den Schieber als ungeeignetes Steuerorgan verlassen und

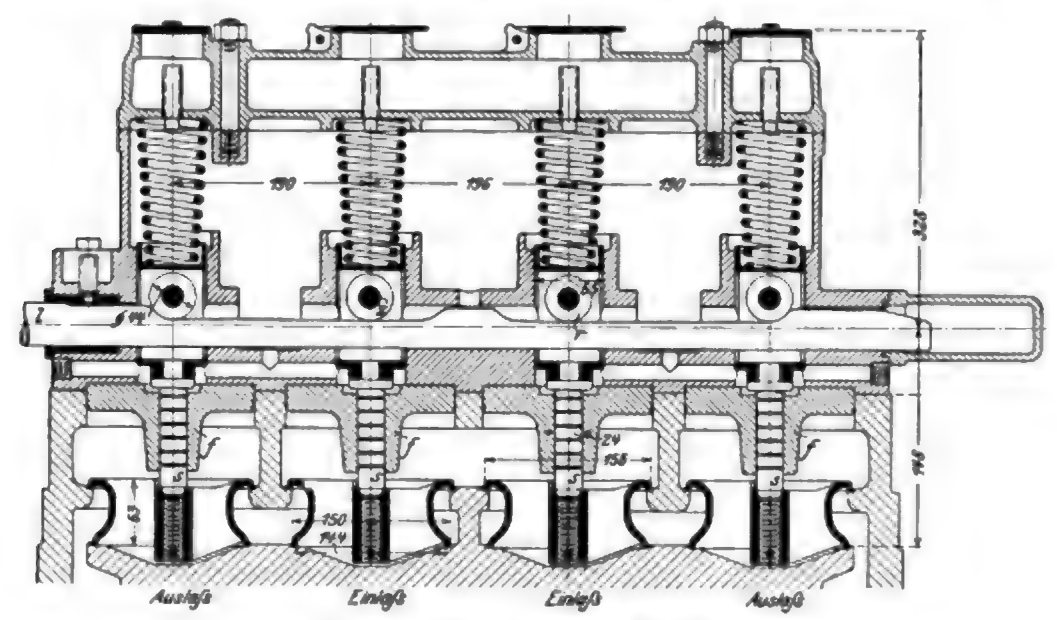


Abb. 33. Ventilsteuerung von Lentz.

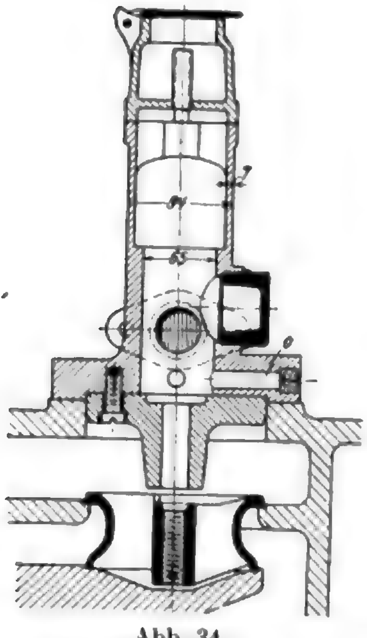


Abb. 34.
Ventilsteuerung von Lentz.

verwendet meistens Ventilsteuerungen, von denen sich allerdings nur wenige für hohe Umdrehungszahlen eignen. Man hatte, obwohl die Umdrehungszahlen selbst im Schnellzugbetriebe selten 300 für die Minute übersteigen, eine Übertragung der Ventilsteuerung auf die Lokomotive nicht gewagt, obgleich man sich hiervon folgende Vorteile versprechen mußte:

1. Dampfdichter Schluß des Steuerorganes, besonders bei Heißdampf. Ventile pflegen sich im Betriebe immer passender auf ihren Sitz einzuarbeiten, während Schieber im allgemeinen dazu neigen, undicht zu werden.

2. Schnelle Eröffnung und schneller Abschluß des Dampfeintrittes und Dampfaustrittes, also Erzielung völligerer Dampfdiagramme, insbesondere auch Herabsetzung der Einströmgeschwindigkeiten. Die völligeren Diagramme ergeben ein gleichmäßigeres Drehmoment.

3. Verschwindend geringe Abnutzung der Steuerorgane, die bei etwa sich ergebenden Abnutzungen leichter nachzuarbeiten sind. Ein Ventil kann jederzeit und überall nachgeschliffen werden, während eine Schieberfläche für gewöhnlich nur in einer Betriebswerkstätte abgerichtet werden kann.

Digitized by Google

4. Einfachere und sparsamere Schmierung, da infolge der verschwindend geringen Reibung nur eine verschwindend geringe Ölmenge zur Schmierung nötig ist.

Hierzu kommen bei Anwendung der Lentzschen Steuerung folgende weiteren Vorteile:

5. Geringe Reibungsarbeit zur Betätigung der Steuerorgane, Fortfall der wegen des wechselnden Hubes der Schieberstange immer zum Undichtwerden neigenden Stopfbüchsen. Die Ventilspindeln werden sauber in die Führung eingepaßt und nur mit Labyrinthdichtung versehen. Die Anfertigung dieser Ventile und ihrer Führung erfordert allerdings Präzisionsarbeit; sie arbeiten aber reibungslos und können infolgedessen auch nicht hängen bleiben.

Das lästige Verpacken von Stopfbüchsen fällt gänzlich fort.

6. Größte Sicherheit gegen Wasserschläge, die selbst bei Heißdampflokomotiven nicht ausgeschlossen sind. Im Gefühl dieser Sicherheit werden bei Dampfmaschinen mit Lentzsteuerung oft die Sicherheitsventile fortgelassen.

Auf Grund der günstigen Erfahrungen mit der Lentzschen Ventilsteuerung im Dampfmaschinenbau hatte sich 1905 die Hannoversche Maschinenbau-A.-G. auf Anregung von Lentz als erste entschlossen, eine Lokomotive mit Ventilsteuerung auszuführen.

Abb. 33 u. 34 zeigen die Ausführung dieser Steuerung für die Hochdruckzylinder einer $^2/_5$-gekuppelten vierzylindrigen Schnellzuglokomotive der Preußischen Staatsbahnen.

Die Hochdrucksteuerung gleicht bis an den Schieberkasten heran der üblichen Ausführung. Durch die verschiedene Länge der Übertragungshebel ähnlich wie bei Abb. 20 und 21 sind folgende Füllungsverhältnisse erzielt:

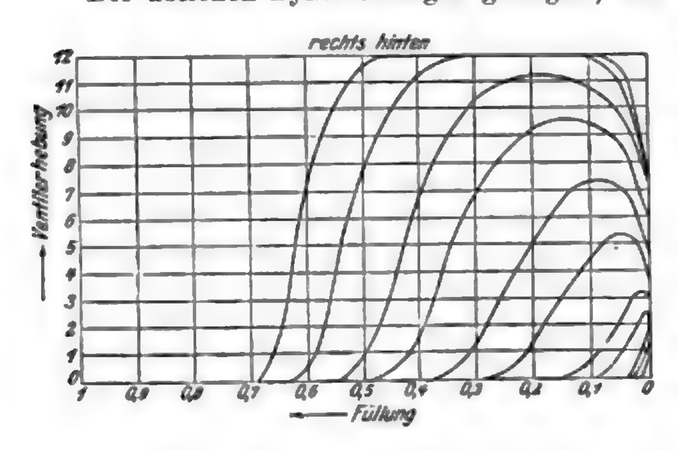
H. D. Z.	N. D. Z.
10%	24·5%
20%	51 %
30%	64 %
40%	73·5%
50%	80 %
60%	86 %
65%	88·5%

An Stelle des Hochdruckschiebers sind vier hintereinander angeordnete doppelsitzige Ventile vorgesehen, von denen die beiden inneren den Dampfeinlaß, die äußeren den Dampfaustritt steuern. Die Ventilspindeln *s* sind in den Futtern *f* sauber eingeschliffen und mit einigen Ringnuten versehen. Längen von etwa 90 bis 100 mm genügen bei sorgfältiger Ausführung zur Abdichtung gegen Drücke von 12 bis 14 at. Oben tragen die Spindeln einen zur Führung dienenden Kopf, der gleichzeitig die Feder aufnimmt. Im Kopfe sind um den Zapfen *z* drehbare Rollen *r* vorhanden, die auf einer mit Hubkurven versehenen Stange *l* rollen. Diese durch die Steuerung genau wie die Schieberstange in hin- und hergehende Bewegung versetzte Stange hebt die Ventile in entsprechender Reihenfolge an, während die Federn sowohl gegen Ende des Hubes ein Emporschleudern der Ventile verhüten, als auch den Schluß der Ventile besorgen. Durch entsprechende Formung der Hubkurven läßt sich ein

schnelles Anheben und Senken der Ventile, also ein schnelles Öffnen der Einströmung und ein scharfer Abschluß der Ausströmung erzielen, wie sich aus den mittels eines Indikators aufgenommenen Ventilerhebungslinien Abb. 35 und 36 ergibt.

Die üblichen Zylinderlängen genügen, um bei vier hintereinander angeordneten Ventilen durch größte Erhebungen von 10 bis 14 mm reichlichere Querschnitte als bei Schiebern üblich zu erhalten.

Die arbeitenden Teile aller vier Ventile sind von einem gemeinsamen gußeißernen Gehäuse umschlossen, auf dem ein Ölbehälter mit vier Schmierdochten angebracht ist. Die Öffnung *o* dient zur Abführung des durch die Labyrinthdichtung dringenden Niederschlages und des abtropfenden Öles. Da an dem gegen den Zylinder dampfdicht schließenden Kasten von unten die Futter *f* befestigt sind, so läßt sich, nach Lösen des Gelenkes der Hubkurvenstange, der Kasten mit den Ventilen in einigen Minuten lösen und abheben.



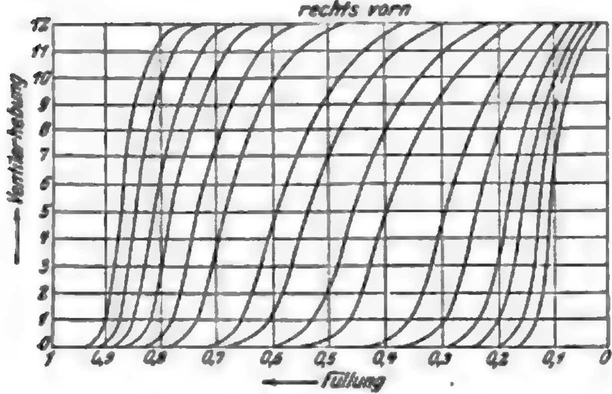


Abb. 35 und 36. Ventilerhebungskurven.

An allen bisher mit Lentzscher Ventilsteuerung ausgerüsteten Lokomotiven[1]) hat sich diese durchaus bewährt. Versuchsweise ist auch die in Abb. 9 und 10 dargestellte liegende Anordnung der Ventile ausgeführt.

6. Einzelteile der Steuerungen.

a) Gegenkurbeln.

Die Abb. 37 u. 38 zeigen die **Gegenkurbel** der Preußischen Staatsbahnen. Der Nachteil dieser mit dem Zapfen aus einem Stück bestehenden Kurbel

---

[1]) Lokomotiven mit Lentzscher Ventilsteuerung besitzen bzw. bestellten:

Ilseder Hütte . . .	1	Stück,	in	Betrieb	seit	August	1905	nachbestellt	1	Stück
Gutehoffnungshütte .	1	„	„	„	„	Juni	1906	„	1	„
Preußische Staatsbahn	1	„	„	„	„	Dezember	1906			
„ „	2	„	„	„	„	„	1907	„	43	„
„ „	10	„	„	„	„	Juni	1908			
Gotthardbahn . . .	1	„	„	„	„	Januar	1907			
Belgische Nordbahn .	1	„	„	„	„	März	1907			
Malmö Ystadbahn .	1	„	„	„	„	August	1907	„	1	„
Französische Westbahn	1	„ ,	Großh. Oldenb. Staatsbahn 3 Stück							
„ Südbahn .	1	„ ,	Lübeck-Büchener Eisenb. 1 „							

Verschiedene Schwedische Bahnen: 4 Stück.

Digitized by Google

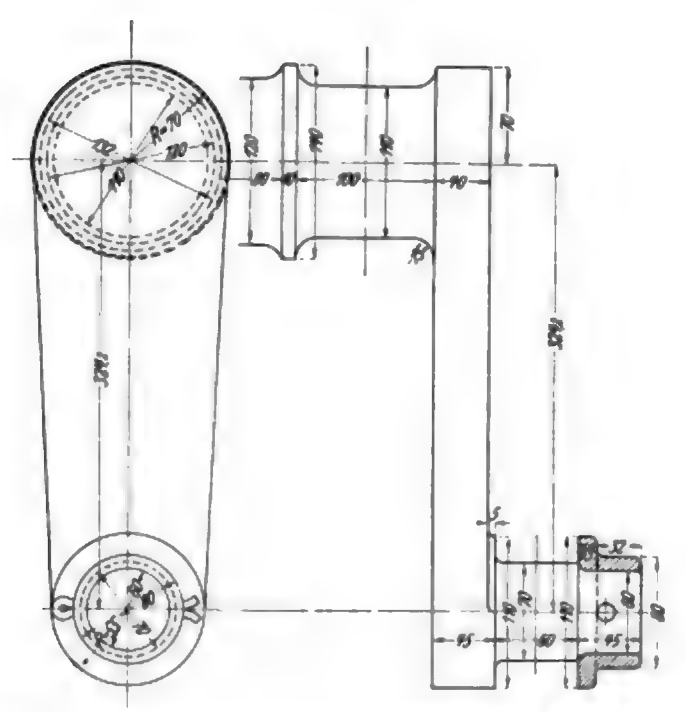


Abb. 37 und 38. Gegenkurbel der Preußischen Staatsbahnen.

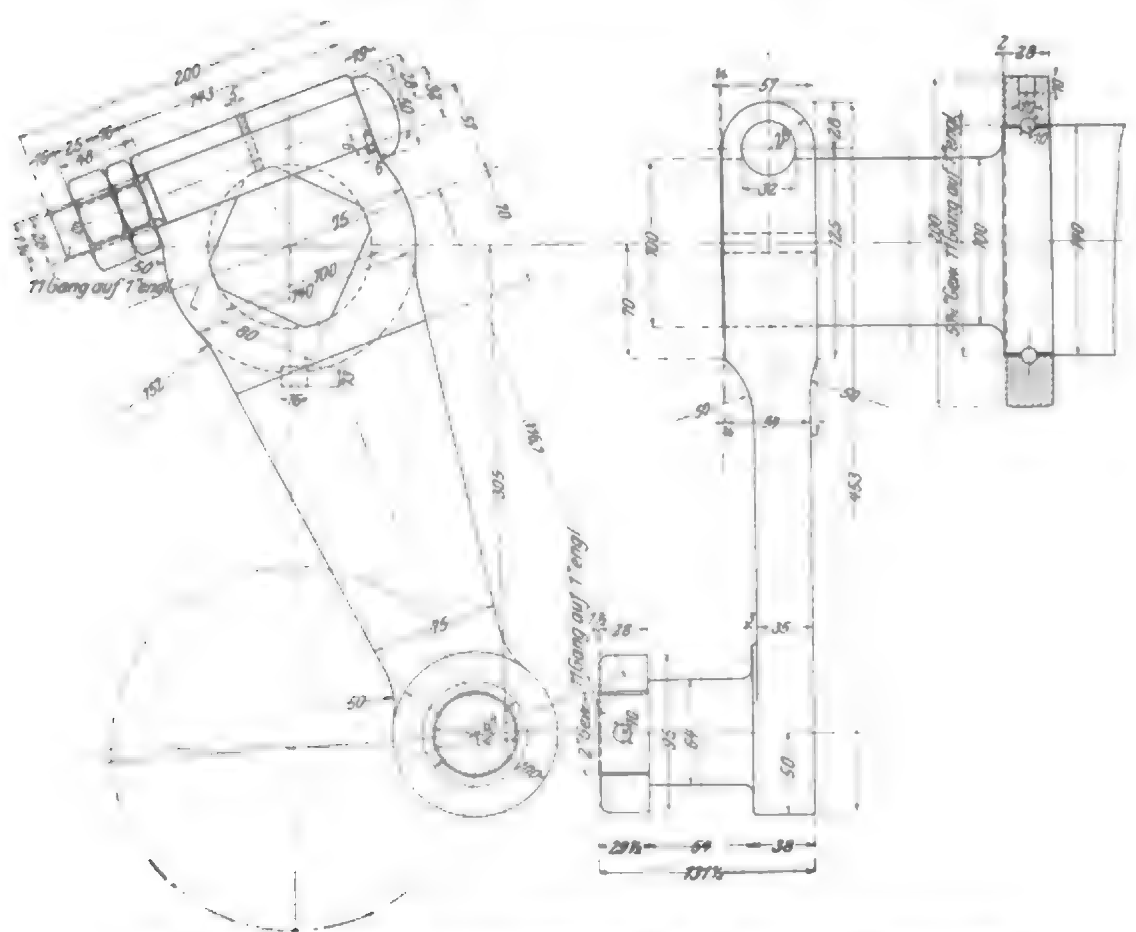


Abb. 39 und 40. Aufgeklemmte Gegenkurbel der Japanischen Staatsbahnen.

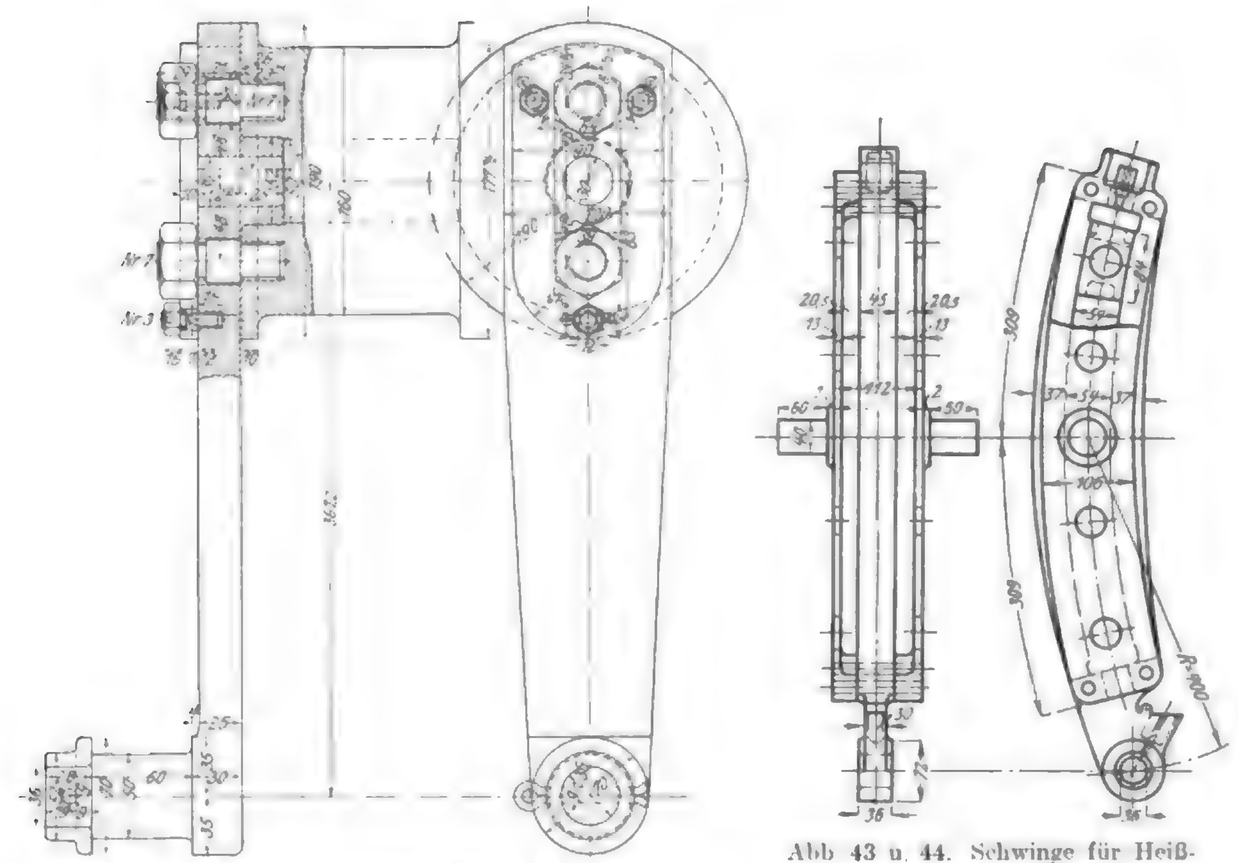


Abb. 41 und 42. Aufgeschraubte Gegenkurbel für Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen.

Abb. 43 u. 44. Schwinge für Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen.

ist der, daß sie entweder offene oder doch ziemlich große geschlossene Stangenköpfe bedingt. Will man, wie das in England vielfach üblich ist, geschlossene Büchsen als Lagerschalen verwenden, so muß die Gegenkurbel

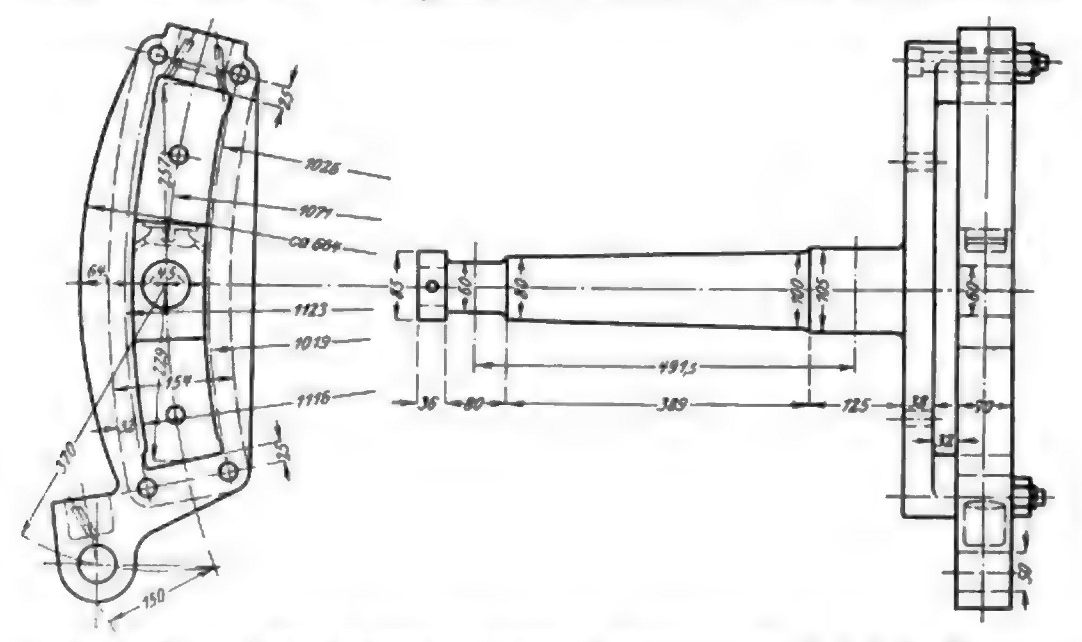


Abb. 45 und 46. Einseitig gelagerte Schwinge für vierzylindrige $^{4}/_{5}$ S·L. der Pfalzbahn.

Digitized by Google

aufgesetzt werden. Abb. 39 und 40 zeigen eine solche englische Ausführung für japanische Bahnen, Abb. 41 und 42 die von Garbe an den Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen verwendete Ausführung.

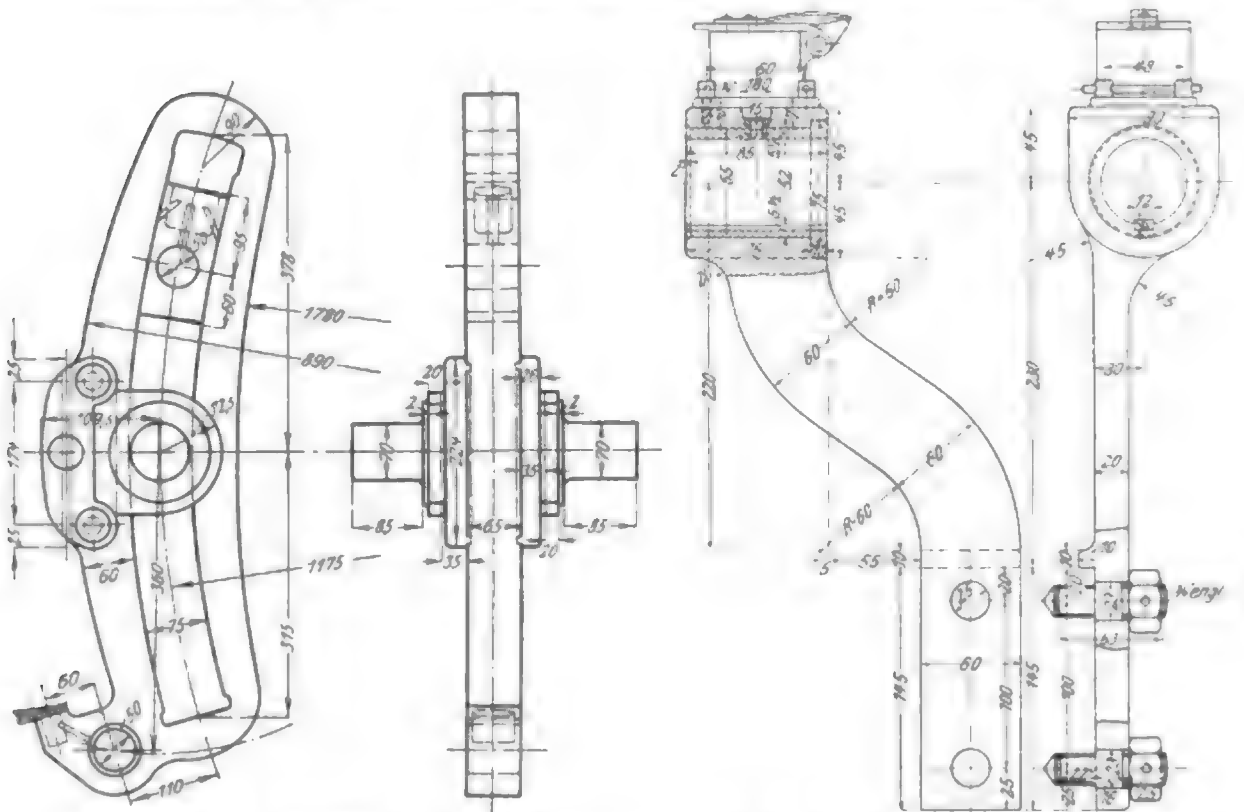


Abb. 47 u. 48. Schwinge für vierzylindrige Lokomotiven der Österreichischen Staatsbahnen.

Abb. 49. Schieberstangenführung für kleine Lokomotiven.

b) Schwingen.

Die zu der von Garbe verwendeten Gegenkurbel (Abb. 41 und 42) gehörige **Schwinge**, deren leichte Ausführung jedoch ihre Verwendung nur für leichte Kolbenschieber ratsam erscheinen läßt, ist in Abb. 43 und 44 dargestellt.

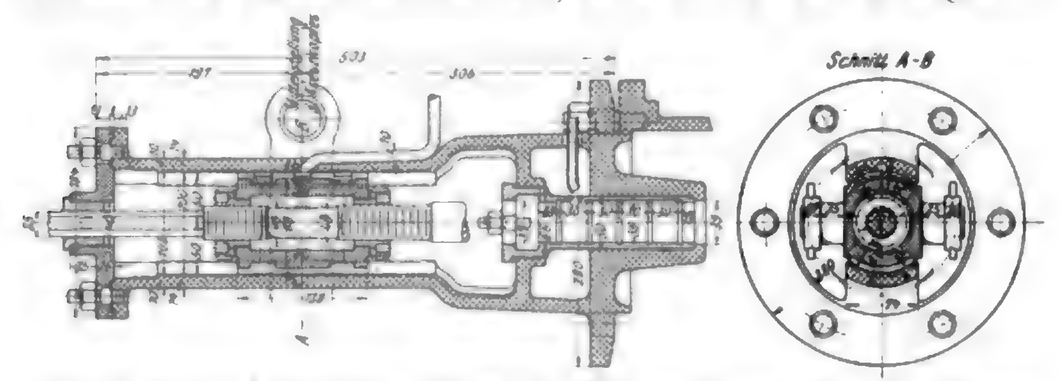


Abb. 50 und 51. Schieberstangenführung für Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen.

Erheblich stärker müssen die Schwingen bei vierzylindrigen Lokomotiven ausgebildet werden, da sie hier zwei Schieber zu bewegen haben.

Abb. 45 und 46 zeigen die einseitig gelagerte Schwinge der Pfalzbahn,

Digitized by Google

Abb. 47 und 48 die der Österreichischen Staatsbahnen. Bei ersterer ist der Stein aus Phosphorbronze.

c) Schieberstangenführung.

Die Schieberstangenführung kann bei kleinen Lokomotiven zweckmäßig nach Abb. 49 ausgebildet und an den hinteren Zylinderdeckel angeschraubt werden. Bei den Heißdampflokomotiven wird die aus Stahlformguß hergestellte Führung nach Abb. 50 und 51 an dem hinteren Schieberkastendeckel befestigt.

d) Flachschieber.

Flachschieber werden meist mit Entlastung ausgeführt, doch haben einige Bahnen, z. B. die Preußischen Staatsbahnen, die Entlastungen wieder

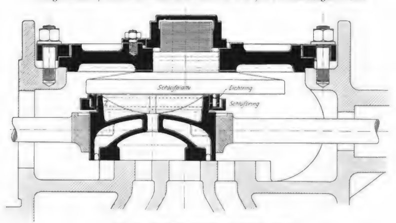


Abb. 52. Flachschieberentlastung Bauart Fester.

entfernt. Eine neuere Schieberentlastung, die sich bei den Sächsischen Staatsbahnen gut bewährt hat, ist die von Fester[1]). (Abb. 52 bis 59.)

Abb. 52 zeigt den entlasteten Schieber im Längsschnitt, die Abb. 53 bis 59 geben die der eigentlichen Entlastung dienenden Teile. Über den auf dem Rücken des Schiebers befindlichen zylindrischen Ansatz, der mit geringem Spiel unter der am Schieberkastendeckel befestigten harten Schleifplatte läuft, sind zwei Ringe geschoben: der gußeiserne aufgesprengte selbstspannende Ring *E* (dem von Borriesschen Entlastungsring entsprechend) und der nichtgesprengte schmiedeeiserne Druckring *D*, der durch vier Spiralfedern *F* gegen Ring *E* gedrückt wird, und zugleich eine Sicherung gegen Zerreißen desselben bei Trockenlaufen des Schiebers bildet. Vier Bohrungen *B* (Abb. 59) im Schieberrücken nehmen die Spiralfedern *F* auf.

Der Entlastungsring *E* ist an seiner Sprengstelle in radialer Richtung verstärkt, und erhält dort zwei, diese Verstärkung begrenzende Ansätze *L* mit je einer Bohrung, welche die Spiralfeder *R* aufnimmt.

[1]) D. R. P. 132253 und 176098.

Digitized by Google

Die verstärkte Sprengstelle des Entlastungsringes ist in eine Ausfräsung des Druckringes eingebettet, die sich auf die Länge *S* erstreckt. Die verstärkten Enden des Ringes *E* sind an der Schnittstelle in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen geschlitzt und nehmen in diesen Schlitzen das radial eingesteckte Dichtungsstück *Q* und das axial durch *Q* gesteckte zweite Dichtungsstück *K* auf. Diese beiden durcheinander gesteckten Stücke, welche ein Nachgeben des Ringes *E* gestatten, bilden den „Kreuzkeil", der eine allseitige Abdichtung der Schnittstelle mit voller Sicherheit bewirkt. Für Naßdampflokomotiven läßt sich der Kreuzkeil sehr bequem durch Ausgießen der betreffenden Form mit Hartlot herstellen.

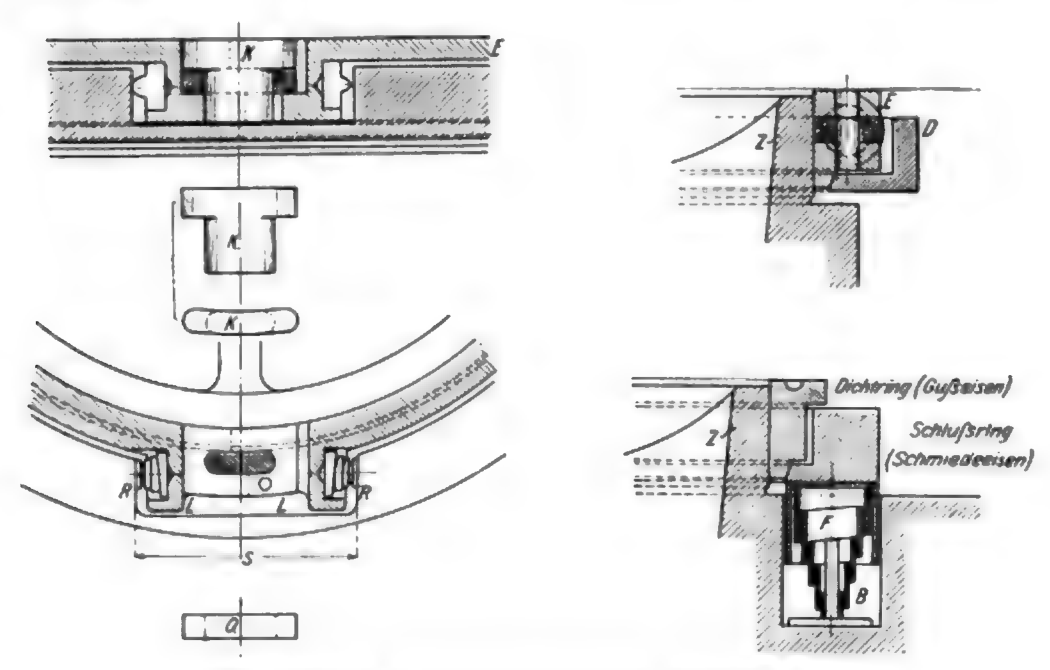


Abb. 53 bis 59. Flachschieberentlastung Bauart Fester.

Versuche an einer feststehenden Lokomotive ergeben bei 171 minutlichen Umdrehungen halber Füllung für einen unentlasteten Schieber einen mittleren Widerstand von 770 kg, bei dem um 37 % entlasteten Schieber 310 kg, also an Schieberreibungsarbeit 60 % Ersparnis. Der Dampfverlust am Schieberrücken betrug nur 1·5 kg/st.

e) Kolbenschieber.

Die heute verwendeten Kolbenschieber weisen eine außerordentliche Mannigfaltigkeit auf. Kolben ohne federnde Ringe verwenden im größeren Umfange nur die Preußischen Staatsbahnen. Es sind das die bekannten Schmidtschen Kolbenschieber mit geheizter Büchse. (Abb. 60 und 61.)

Der Nachteil dieser Schieber ist der, daß ihre Anfertigung mit außerordentlicher Sorgfalt geschehen muß[1]) und daß sie die Ausrüstung der Werkstätten mit besonderen, genau arbeitenden Werkzeugmaschinen erfordern. Im Betriebe scheinen sie empfindlicher zu sein als andere Kolben-

[1]) vgl. hierzu die Vorschriften bezüglich der Herstellung bei Garbe, Die Dampflokomotiven der Gegenwart, Textblatt 4.

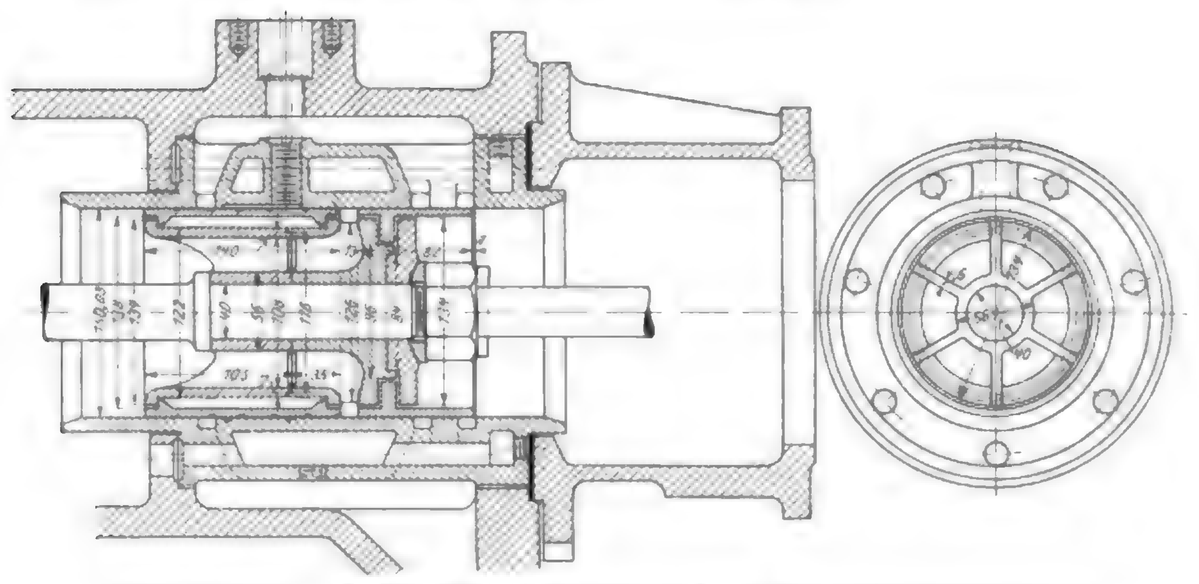
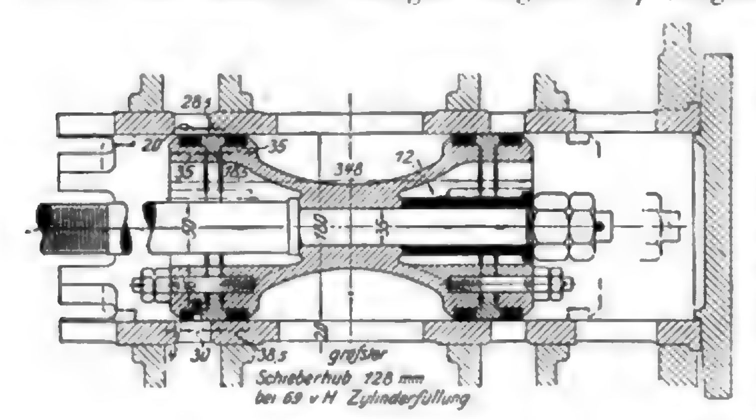


Abb. 60 und 61. Kolbenschieber ohne federnde Ringe für Heißdampflokomotiven der Preußischen Staatsbahnen.

schieber. Bei Wasserschlägen ist ein wenn auch nur geringes Nachgeben, wie es bei federnden Ringen möglich ist, ausgeschlossen.



Ein Kolbenschieber mit federnden Ringen von rechteckigem Querschnitt, wie ihn die Preußischen Staatsbahnen bei Naßdampf-, vereinzelt auch bei Heißdampflokomotiven, verwenden, ist in Abb. 62 dargestellt. — Eine neuere Schieberbauart der gleichen Bahn mit doppelter Einströmung zeigt Abb. 63; erstere Schieber sind für Hochdruckzylinder von 360, letztere für solche von 380 mm Durchmesser bestimmt. Bei ersteren werden die Ringe übergeschoben, was leicht Veranlassung zu Formveränderungen geben kann; beim zweiten Schieber ist der Körper aus einzelnen Teilen zusammengebaut; die Ringe erhielten L-förmigen Querschnitt.

Abb. 62 und 63. Kolbenschieber mit federnden Ringen der Preußischen Staatsbahnen.

Digitized by Google

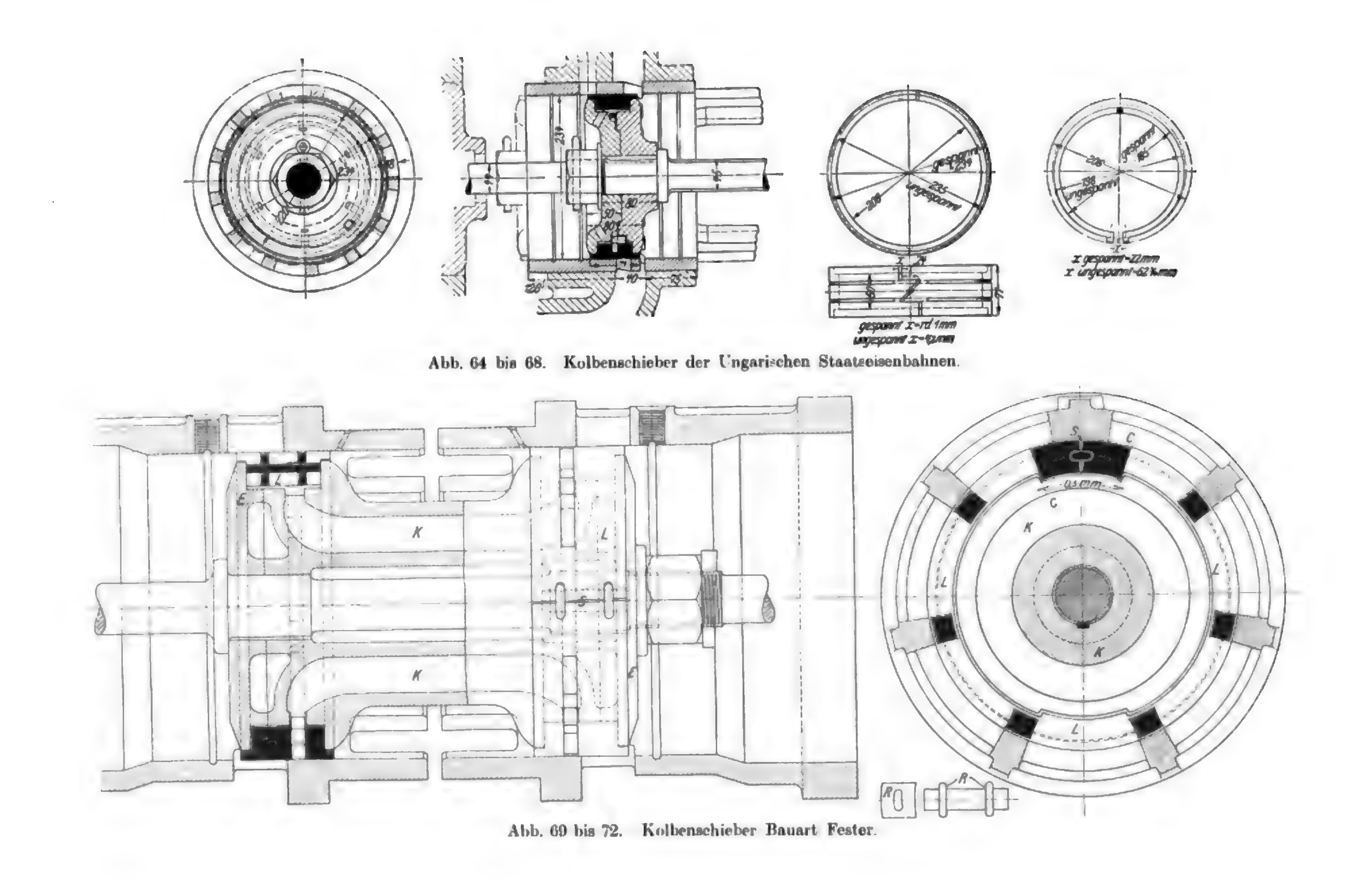


Abb. 64 bis 68. Kolbenschieber der Ungarischen Staatseisenbahnen.

Abb. 69 bis 72. Kolbenschieber Bauart Fester.

Digitized by Google

Etwas andere Bauart weisen die Schieber der Ungarischen Staatseisenbahnen (Abb. 64 bis 68) auf.

Die Dichtung erfolgt durch 71 mm breite, in der Form eines verlängerten *Z* aufgeschlitzte gußeiserne Ringe (Abb. 66 und 67), die in ihrem mittleren Teil 14 mm stark sind und an den Enden auf 6 mm abgesetzt wurden; außen sind diese mit zwei 4 mm breiten, fast um die ganze Länge laufenden Schmiernuten versehen. Unter diesen Ringen liegen zunächst zwei aufgeschlitzte Ringe von 8 mm Stärke, die ihrerseits durch einen Stahlring nach Abb. 68 gespannt werden. Die Verdrehung der Ringe wird durch den in Abb. 66 sichtbaren Stift verhindert. Die Schieber haben eigentümlicherweise äußere Einströmung, und zwar unterstützt der einströmende Dampf durch die in Abb. 65 und 66 sichtbare Öffnung die Anpressung der Kolbenringe.

Die Sächsischen Staatsbahnen verwenden Kolbenschieber (Abb. 69 bis 72), auf welche die vorerwähnte Festersche Schieberentlastung sinngemäß übertragen ist.

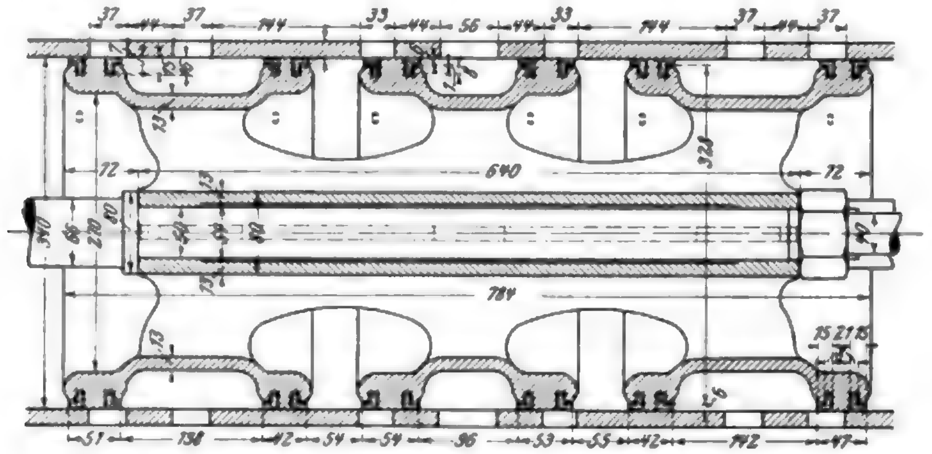


Abb. 73. Vauclain-Kolbenschieber der Dänischen Staatsbahnen.

Der dreiteilige Schieberkörper *K* mit Trickscher Kanalanordnung zeigt zwei breite Liderungsringe *L*, deren gitterförmige Durchbrechungen die Frischdampfzuleitungen bilden. Die Ringe sind in der hierfür radial verstärkten Stelle etwas schräg aufgeschnitten und ihre Schnittstelle durch den Festerschen Kreuzkeilverschluß abgedichtet. Dieser wurde, wegen der Durchbrechung der Ringe und der dadurch gegebenen Notwendigkeit, gegen den Ausströmringkanal abdichten zu müssen, mit je zwei Radialkeilen *R* (Abb. 71 und 72) versehen. Der rechtsseitige Teil der Abb. 69 zeigt die Schnittstelle der Ringe *L* von oben gesehen; man hat sich indessen diese Stelle *S* um 90° nach oben gedreht zu denken, da die Schnittstellen der beiden Ringe in einer Achse liegen.

Die Herstellung der breiten Ringe erfolgt wie üblich, sodaß sich nach dem Aufschneiden der Ring mit eigener Spannung, wie sie für den in Ruhe befindlichen Schieber erforderlich ist, anlegt. Im Betriebe tritt der die Gitterschlitze der Ringe durchströmende Frischdampf auch hinter dieselben und würde einen unzulässigen Anpressungsdruck gegen die Innenseite der Ringe ausüben, wenn dem nicht durch die symmetrische Arretierung begegnet würde, die in einfachster Weise durch Anlegen der Kanten *C*

der verstärkten Schnittstelle der Ringe (Abb. 71) gegen die ihnen gegenüberstehenden Kanten der Einschnürungen im Mittelteil *K* bzw. in den Endstücken *E* bewirkt wird. Im neuen Zustand ist zwischen den Kanten *C* und den diesen benachbarten der Einschnürung beiderseits 0·5 mm Spiel gelassen, das nach einiger Zeit durch das Einlaufen des Schiebers aufgebraucht wird. Sobald die Kanten *C* zum Anliegen kommen, tritt bei nun erreichter Entlastung der Ringe und des ganzen Schiebers gewissermaßen Beharrungszustand ein, der sich bei der soliden Breite der Ringe überraschend lange hält. Bei eingetretenem Verschleiß kann durch entsprechendes Nachhelfen an den Kanten *C* leicht genügendes Nachspannen bewirkt und damit der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt werden.

Abb. 73 gibt den Vauclain-Schieber der vierzylindrigen $^2/_5$-gekuppelten Schnellzuglokomotive der Dänischen Staatsbahnen. Die betreffenden Zylinderdurchmesser betragen 340 bzw. 570 mm. Die selbstspannenden Ringe, die aus Gußzylindern von 360 mm Durchmesser mit einem Ausschnitt von 28 mm hergestellt sind, werden beim Aufbringen in kochendem Öl angewärmt und dann übergeschoben.

Selbsttätige Mittelkuppelungen.

Von

Ernst Weddigen,

Kgl. Eisenbahnbauinspektor, Vorstand der Werkstätteninspektion 1b der Kgl. Eisenbahndirektion Breslau.

Die Fortschritte, welche die Einführung der selbsttätigen Kuppelung für Eisenbahnfahrzeuge in Amerika und in Europa gemacht hat oder noch machen soll, werden nicht nur in Fachkreisen, sondern von allen Gebildeten mit großer Aufmerksamkeit verfolgt, und begegnet man nicht nur in den Zeitungen, sondern auch in den Parlamenten bei jeder Gelegenheit der Frage: „Wann wird sie endlich eingeführt?“ Dem Laien liegt von den Verbesserungen, die der Fachmann mit der selbsttätigen Kuppelung erreichen will, hierbei vor allem die Verbesserung des Loses der Eisenbahnarbeiter am Herzen, die er jetzt täglich auf den Bahnhöfen unter den Puffern hinkriechen sieht, um mit Lebensgefahr den einen Wagen an dem andern zu befestigen. Wie häufig steht von diesen Arbeitern die Notiz in der Zeitung, daß sie mit zerdrückter Brust vom Schauplatz ihrer Tätigkeit haben fortgetragen werden müssen. Wer von den Nichtfachleuten beim Anblick der jetzigen großen Lokomotiven und schweren Wagen noch weiter nachdenkt, empfindet außer dem Mitleid mit der Kupplermannschaft noch das Mißverhältnis, das zwischen den großen Massen der Fahrzeuge und den dünnen Ketten besteht, mit welchen sie miteinander verbunden werden. Er sagt sich, daß die schwache Verbindung reißen muß, wenn die vor ihm stehende große Maschine mit aller Kraft anzieht, und ein Gefühl des Mißbehagens entsteht bei dem Gedanken, daß er sich oder seine Waren dieser schwachen Verbindung anvertrauen muß. Aus den Zeitungen weiß er wiederum, wie verhängnisvoll die Folgen einer solchen Zugtrennung sein können, wenn es z. B. dem einen Zugteil gelingt, sich frei zu machen und auf abschüssiger Bahn mit rasender Eile zurückzufahren, um schließlich aufzurennen und sich und alles zu zerstören, was seinem Anprall ausgesetzt ist. So leiten den Nichtfachmann Gefühl und Verstand dazu, immer wieder nach einer selbsttätigen und stärkeren Kuppelung zu fragen und damit nicht nur eine größere Schonung für einen großen Teil seiner Mitmenschen, sondern auch eine größere Sicherheit für sich und die Güter zu verlangen, die er der Eisenbahn anvertraut.

1. Die selbsttätige Kuppelung in Amerika.

a) Zustand vor der Einführung.

Von den Schmalspur- und ähnlichen Bahnen abgesehen, ist die Einführung der selbsttätigen Mittelkuppelung bis jetzt nur in Amerika völlig erreicht. Sie wurde dort nach manchen vergeblichen Einigungsbestrebungen zwischen den großen Eisenbahngesellschaften durch folgende Botschaft des Präsidenten d. U.-St. an den Kongreß vom Jahre 1889 eingeleitet:

„Ich halte es für angemessen, daß der Kongreß von den Eisenbahnen eine Übereinstimmung in der Bauart derjenigen Eisenbahnwagen fordert, welche im allgemeinen Verkehr stehen, und daß er die vollkommene Sicherheit aller Betriebsmittel vorschreibt. Zur Ausführung der nötigen Einrichtungen muß die erforderliche Zeit gegeben werden; eine ernste und intelligente Inangriffnahme soll aber sofort eintreten. Es ist ein Vorwurf für unsere Zivilisation, daß eine Klasse von Arbeitern unseres Landes, die einen notwendigen und nützlichen Beruf ausübt, einer Leibes- und Lebensgefahr ausgesetzt ist, die ebenso groß ist wie diejenige, die einem Soldaten im Kriege droht.“

Hierauf wurde es durch Gesetz vom Jahre 1893 sämtlichen Eisenbahngesellschaften zur Pflicht gemacht, bis zum 1. Januar 1898 ihre sämtlichen Fahrzeuge mit selbsttätigen Kuppelungen auszurüsten, welche das gefährliche Zwischentreten der Kuppler zwischen die Wagen unnötig machten. Der Zeitraum bis zur Beendigung dieser Einführung wurde später bis zum 1. August 1900 verlängert.

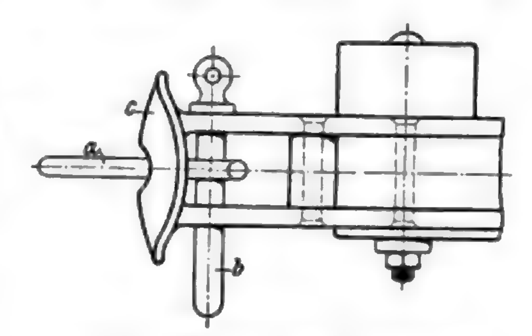


Abb. 1. Link and pin-Kuppelung.

Ehe nun auf die Bauart der in Amerika jetzt gebräuchlichen Kuppelungen eingegangen werden kann, müssen wir die Bauart der vor der Einführung derselben dort üblichen Kuppelungen kennen lernen, da sonst manche Eigentümlichkeiten der jetzigen Kuppelung nicht verständlich sind.

Diese vor dem Jahre 1889 übliche Kuppelung der Eisenbahnfahrzeuge war die „link and pin“-Kuppelung (Abb. 1). Ihre wesentlichen Teile waren, wie auch ihr Name angibt,

1. die Kette des einen Wagens (*a*),
2. ein Bolzen am anderen Wagen (*b*), welcher durch die Kettenschake des ersten Wagens gesteckt wurde. Diese Zugverbindung lag, wie es sich ursprünglich von selbst ergab, in der mittleren Längsachse der Fahrzeuge.

Abweichend von der in Europa angewandten Weise, die Stöße des einen Wagens auf den andern durch die seitlichen Wagenlängsträger aufzufangen, bildeten die Amerikaner nun sehr geschickt das Organ für die Aufnahme der Zugkraft durch Anordnung der Pufferscheibe (*c*) gleich so aus, daß es auch die Stöße der Wagen aufeinander aufnehmen konnte, und erhielten so die „Mittel-Puffer-Kuppelung“ (link and pin coupler). Da die Zug- und Stoßkräfte nicht nur durch ein Organ aufgenommen, sondern dann auch durch eine einzige Kraftleitung in den Wagen weitergeleitet

werden konnte, wurden bei der link and pin-Kuppelung die beiden Kraftleitungen, welche in Europa die Stöße aufnehmen und rechts und links an den Wagen durch die Puffer herlaufen, gespart. Hierdurch wurde ohne weiteres eine Verminderung des toten Gewichtes der amerikanischen Wagen gegenüber den europäischen erreicht.

Die Handhabung der „link and pin coupler" ist leicht erklärlich. Die Kettenschake *a* des einen Wagens wird unter Hochnahme des Bolzens *b* des andern Wagens in das Loch der Pufferscheibe *c* so weit hineingeführt, daß der Bolzen beim Herablassen durch die Schakenöffnung tritt und die Kettenschake festhält. Diese Vorrichtung wurde, wie es am einfachsten erschien, unter dem Wagenkasten angebracht und tat bei den damaligen leichten Fahrzeugen vorzügliche Dienste. Die Wagen können sich in Gleiskrümmungen zwanglos einstellen, ohne auf der Innenseite der Kurven durch Puffer gegeneinander gepreßt zu werden, wie das bei den Wagen mit Seitenpuffern der Fall ist. Ferner trafen die Stöße auch in Krümmungen ungefähr auf die widerstandsfähige Schwerpunktsmittellinie des Wagens, während bei den Wagen mit Seitenpuffern, wenn sie in Krümmungen stehen, die Stöße eine Verschiebung des das Untergestell bildenden Vierecks herbeizuführen suchen. So geschickt man aber auch diese Verbindung der Zug- mit der Stoßvorrichtung nennen muß, fehlerhaft war für die Zukunft doch die Anbringung derselben unter dem Untergestell des Wagens, da die Zug- wie die Stoßkräfte auf einer in senkrechter Ebene liegenden Zickzacklinie durch den Wagenzug übertragen werden (siehe Abb. 2), denn die Punkte *A B C D E F G* usw. liegen nicht in einer Geraden.

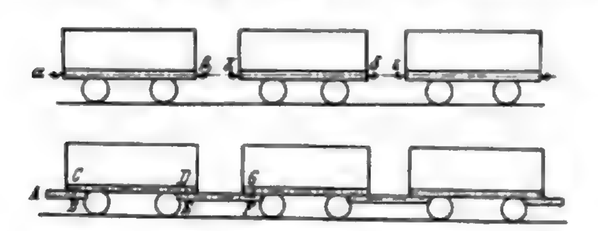


Abb. 2. Übertragung der Zug- und Stoßkräfte im Zuge.

Die Anbringung der europäischen Kuppelung ist in dieser Hinsicht besser, da die Zugkraftübertragung von Wagen auf Wagen in einer geraden, wagerechten Linie erfolgt, — die Punkte $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta\ \varepsilon$ liegen hier gleich hoch.

Die zwei großen Fehler, daß die Arbeiter zwischen die Wagen treten müssen, um eine Verbindung oder eine Lösung der Kuppelung herbeizuführen, sowie die Unmöglichkeit, ihre Verbindung für die Übertragung großer Zugkräfte stark genug herzustellen, haben beide Kuppelungen, die amerikanische „link and pin"-Kuppelung und die europäische Schraubenkuppelung gemeinsam.

Diese beiden Nachteile sollten nunmehr durch das oben angeführte Gesetz für Amerika beseitigt werden.

b) Vorschläge für selbsttätige Kuppelungen.

Die Vereinigung der Eisenbahningenieure und Wagenbauer, die Master Car Builders Association, trat nach Erlaß der Botschaft des Präsidenten wiederum zusammen, um unter Anlehnung an schon vorhandene selbsttätige Kuppelungen durch Mehrheitsbeschluß die Einführung einer gemeinsamen Kuppelungsbauart, welche mit Übergangsvorrichtungen für die Verbindung der Wagen mit alter und der mit neuer Kuppelung versehen

sein mußte, vorzuschlagen. Diese Vorschläge sollten dann gesetzlich für alle Eisenbahnen verbindlich gemacht werden.

Zunächst wurde als Grundform die Klauenkuppelung, welche durch E. W. Janney im Jahre 1870 erfunden worden war, durch Mehrheitsbeschluß den übrigen im Gebrauch befindlichen Bauarten vorgezogen und zur Einführung bestimmt (Abb. 6). Dieselbe ist wegen der Gleichheit der ineinander greifenden Maschinenteile anderen selbsttätigen Kuppelungen, welche zugleich Puffer darstellen, überlegen. Die senkrechten Zylinderflächen, welche bei ihr in Eingriff kommen, gestatten schon ihrer mathematischen Form nach eine Winkelstellung der Fahrzeuge in der Wagerechten, sowie eine beliebige Verschiedenheit des Pufferstandes, Forderungen, die der Betrieb täglich stellt und die andere Kuppelungen nicht in dieser mathematisch einfachen Weise erfüllen. Die aus Haken und Öse bestehenden Kuppelungen waren schon deswegen nicht gleichwertig, weil die Anordnung derselben immer doppelt erfolgen mußte, — ein Wagen mußte ja sowohl Öse wie Haken erhalten, — und wäre so eine gleichmäßige Beanspruchung beider oder die günstige Beibehaltung der Zug- und Stoßvorrichtungen in

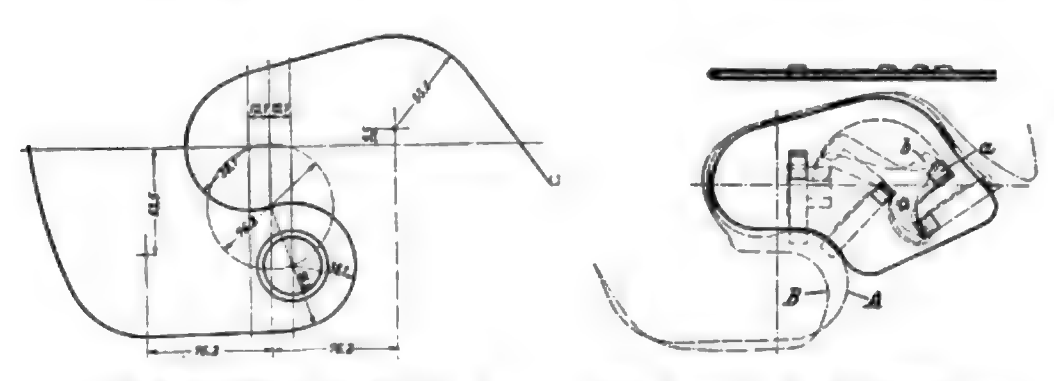


Abb. 3. Umrißlinie der M. C. B. A.

Abb. 4. Lehre zur Feststellung der Abnutzung.

der Mittellinie der Wagen nicht möglich gewesen. Die aus zwei ineinander greifenden Haken bestehenden selbsttätigen Kuppelungen lassen sich ebenfalls nicht so gut gleichzeitig als Puffer benutzen, da ja die Haken seitlich aneinander vorbeigleiten müssen, also zu leicht seitlich beweglich sein müssen, um als Puffer dienen zu können.

Für die Janneykuppelung, als das Urbild der Klauenkuppelung, wurden dann die Einzelheiten durch Musterzeichnungen festgelegt. Diese Festlegungen erstreckten sich erstens auf die äußeren Grenzlinien (siehe Abb. 3), ferner auf die genaue Höhenlage der Schaftmitte über den Schienen, größte Höhe 876 mm, geringste Höhe 800 mm, auf ihre geringsten und größten seitlichen Ausschläge, ihre größten Abnutzungs- und Fehlermaße (Abb. 4), sowie auf die Ausschläge der Zug- und Stoßfeder. Die Umrißlinie gestattet eine Neigung der Mittellinien der Kuppelungen gegeneinander von 14°. Die geringste Höhe der Klaue ist 228·5 mm, die des Gegenhalters 190·5 mm. Nicht festgelegt ist bis jetzt die innere Bauart der Kuppelköpfe, sowie die der Auslösevorrichtungen.

Von den Bauarten der Kuppelköpfe haben sich ungefähr 15 ein allgemeineres Anwendungsgebiet errungen. Die Prüfung ihrer Haltbarkeit

beim Stoß geschieht durch einen Fallhammer, dessen Schläge auf die geschlosssene Klaue des senkrecht gestellten Kopfes erfolgen. Die Zugprobe wird auf der Zerreißmaschine bewirkt. Der nachfolgende Auszug aus den Lieferungsbedingungen ist bemerkenswert, da er Schlüsse auf die beim Gebrauch hervorgetretenen Bedürfnisse zuläßt.

Auszug aus den Lieferungsbedingungen für Kuppelungen.

Die Kuppelungskörper und Klauen sollen in richtiger Weise zusammengepaßt sein, Klauen und Sperrkeile frei beweglich, jedoch ohne toten Gang, so daß die Klaue nicht über die genaue Umrißlinie vorgezogen werden kann; nach rückwärts ist ein Spiel von 6—9·5 mm zulässig und nicht unerwünscht, da sonst beim Zusammenkuppeln die Klaue und ihr Bolzen den Stoß aufnehmen muß. Die Berührungsflächen müssen glatt und rein sein, frei von Sand, Zunder usw. und von Oberflächenfehlern. Die Kuppelungen sollen mit den M. C. B. Umrißlinien, Maßen und Lehren übereinstimmen und sich mit jeder anderen Kuppelung verbinden lassen. Sie sollen sich leicht lösen und ebenso leicht schließen, wenn die Klaue von Hand zurückgedrückt wird. Das Verschlußstück muß unverrückbar gelagert sein.

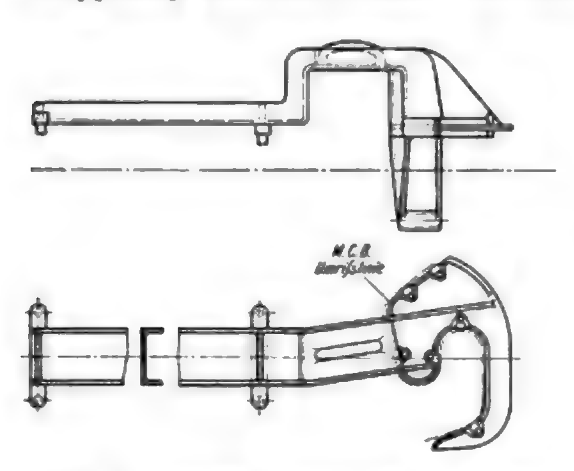


Abb. 5. Lehre zur Feststellung von Verwindungen der Kuppelung.

Die Klauenbolzen sollen aus Stahl in den vorgeschriebenen Maßen (Durchmesser = 38 mm oder 41 mm, Länge = 343 mm) hergestellt sein und nach dem Erhitzen und Stauchen des Kopfes sorgfältig ausgeglüht werden. Das Bolzenloch im Kopfe und in der Klaue soll gebohrt oder (wenn gegossen) ausgerieben werden und höchstens um 1·6 mm weiter sein als der Bolzen; dasselbe muß zur Fläche des Kopfes und der Klaue parallel und rechtwinklig zu ihrer Achse liegen.

Die Klauen sollen genau nach Maß hergestellt und sauber eingepaßt sowie frei von Schwindfehlern, Blasen, Sand, Schiefern usw. sein. Sie werden zurückgewiesen, wenn sie durch Fehler beim Formen oder Gießen verbogen oder geworfen sind.

Auf der Oberseite des Kopfes soll der Name und die Klasse der Kuppelung eingegossen sein, außerdem soll auch der Schaft mit Aufschriften versehen werden. Die Klauen sind mit Seriennummern und Fabrikzeichen zu bezeichnen. Die Kuppelungskörper und Klauen sollen aus Gußstahl hergestellt und gut ausgeglüht sein.

Die Kuppelungen werden bei der Abnahme Schlag- und Zerreißproben unterworfen.

Bei der Schlagprobe muß die Kuppelung bei einem Fallgewicht von 745 kg

Digitized by Google

3 Schläge auf 1·52 m Fallhöhe und
3 „ „ 3·05 „ „

aushalten, ohne zu brechen oder Risse von mehr als 25·4 mm Länge und 1·6 mm Weite zu zeigen.

Bei der Zugprobe mit zwei kompletten Kuppelungen müssen diese einen Zug von 54·5 t aushalten.

Bei der Zugprobe darf die Kuppelung nicht brechen oder Risse von über 25 mm Länge oder 1·6 mm Weite aufweisen; die Klaue darf sich nicht mehr als 19 mm aus ihrer ursprünglichen Lage öffnen; auch dürfen sich die beiden Kuppelungen nicht voneinander trennen.

Bei der Gegenhalter-Prüfung erfolgen die Schläge direkt auf die Schneide des Gegenhalters, und zwar bei einem Fallgewicht von 745 kg

3 Schläge bei 0·91 m Fallhöhe und
4 „ „ 1·52 m „

Die Kuppelung darf weder brechen noch Risse in der früher angegebenen Größe aufweisen. Die Verbiegung des Schaftes soll höchstens 25 mm betragen.

Am Ende der Proben werden die Kuppelungen auf ihre Brauchbarkeit untersucht und müssen sich die Klauen dabei richtig öffnen und schließen lassen. Um eine etwaige Verwindung des Kuppelungsschaftes zu entdecken, wird vor der Prüfung die Schaftmittellinie markiert; eine Verwindung wird mit der in Abb. 5 gezeichneten Lehre festgestellt.

Zu den Proben werden von je 1000 Kuppelungen (oder weniger) fünf Stück nach Belieben ausgewählt.

Entspricht eine Probe nicht, so wird mit einer oder zwei Kuppelungen derselben Charge eine Kontrollprüfung ausgeführt. Wenn diese entspricht und die erste Probe durchschnittlich zu 75% (auf der Basis von 100% für die vollständige Erfüllung der Bedingungen) genügt hat, so wird die Lieferung übernommen.

Von den im Gebrauch befindlichen Kuppelköpfen sind die im folgenden geschilderten die wichtigsten. Zu bemerken ist, daß die Kuppelung für Güterwagen derselben Fabrik häufig anders gestaltet ist, als die für Personenwagen, da für beide Wagenarten verschiedene Aufgaben von der Verbindung erfüllt werden müssen. Auch werden stetig Verbesserungen versucht.

Für Güterwagen sind folgende Kuppelköpfe bestimmt: Die Kuppelungen von Janney und von Eastmann. Bei dem ersten (Abb. 6) hebt der Klauenschwanz *a* beim Schließen der Klaue einen oben und unten in der Kopfwandung geführten senkrecht beweglichen Keil *b* infolge des wagerechten Druckes des Klauenschwanzes gegen eine am Keil angebrachte schiefe Ebene *c*. Ist der Klauenschwanz unter der schiefen Ebene am Keil vorbei bewegt, so fällt der Keil herunter und hindert so die Rückbewegung der Klaue. Eine Falle *d* soll eine unbeabsichtigte Aufwärtsbewegung des Keils infolge von senkrechten Stößen verhindern.

Der Kuppelkopf von Eastmann (Abb. 7) ist dem Janneykopf ähnlich, jedoch bleibt der Feststellkeil nach dem Hochziehen beim Öffnen der Klaue auf dem breiten Klauenschwanz liegen und braucht also beim

Schließen nicht durch den Klauenschwanz hochgeworfen zu werden, wodurch sich ein leichteres Kuppeln erzielen läßt.

Bei der **Buckeye-Kuppelung** (Abb. 8) dreht sich das Verschlußstück *c* um eine im Kuppelkopf befindliche horizontale Achse im Gelenk *a*, wenn es durch die Auslösekette bei *b* nach oben gezogen wird. Das gehobene Verschlußstück ruht beim Öffnen ebenso wie bei der Eastmann-Kuppelung auf dem Klauenschwanz.

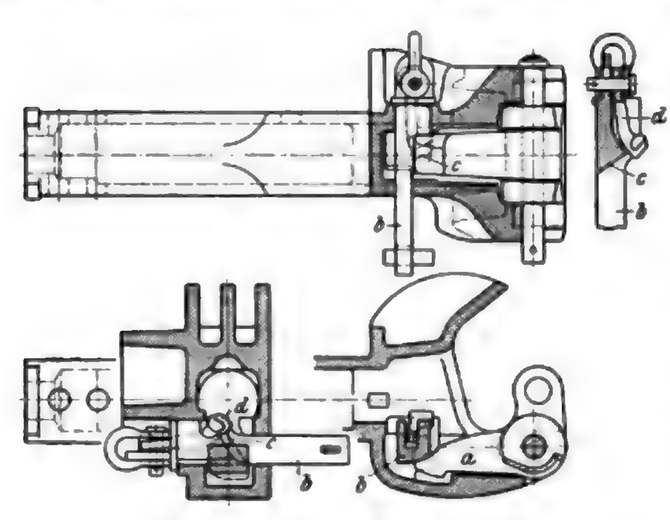


Abb. 6. Kuppelkopf von Janney.

Der Kuppelkopf von **Gould** (Abb. 9) vereinigt beide Bewegungsarten des Verschlußstückes, indem dieses beim Heben mittels der Kette *a* sowohl an oder mit dem Bolzen *b* hinaufgezogen als auch an einer Leiste *c* entlang nach rückwärts um den Bolzen *b* gedreht wird, wodurch der Klauenschwanz frei wird und die Klaue nach vorn ausschwenken kann. Um die Klaue in der Offenstellung zu halten, kann sie sich auf einer flachen Verzahnung *d* etwas auf und ab bewegen, deren Zähne eine unbeabsichtigte Rückbewegung hindern.

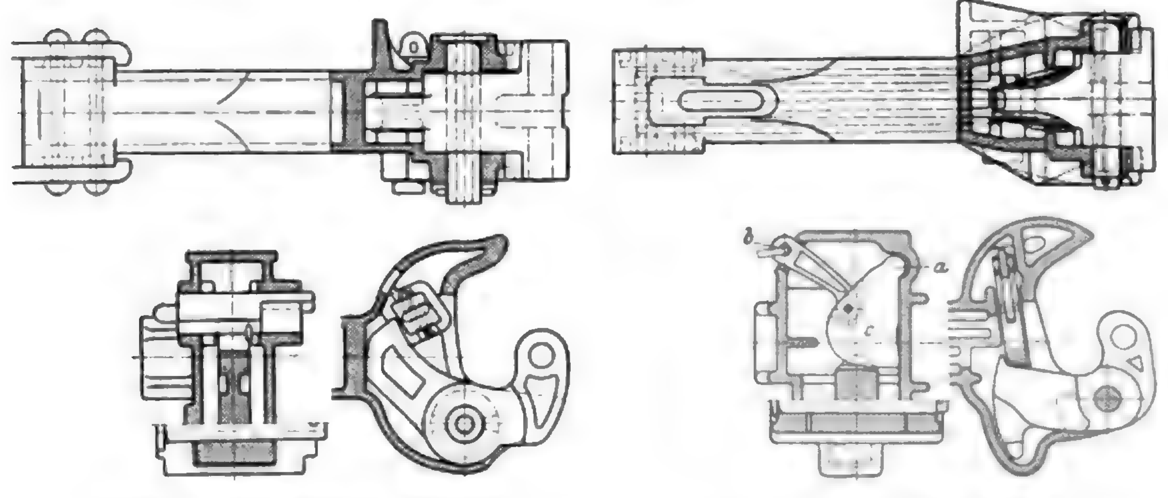


Abb. 7. Kuppelkopf von Eastmann. Abb. 8. Buckeye-Kuppelkopf.

Um das Eindringen von Schmutz durch die obere Öffuung in die Kuppelköpfe zu verhindern, ist die Öffnung für die Auslösevorrichtung des neueren **Gould**schen Kopfes (Abb. 10) auf die Seite gelegt. Der Schluß des sich horizontal um *a* drehenden Verschlußstückes wird nicht durch Gewichtswirkung, sondern durch zwei oben und unten quer angeordnete Spiralfedern bewirkt. Der Angriff der nach rückwärts ziehenden Auslösekette liegt bei *b* geschützt unter dem Kopf.

Digitized by Google

Um eine wagerechte Achse drehbar ist das Verschlußstück bei dem **Trojan-Kuppelkopf** (Abb. 11). Die obere Kopföffnung ist auch hier vermieden. Die Achse trägt außer dem Verschlußstück *a* noch hinter dem Klauenschwanz *c* einen Mitnehmer *b*, welcher durch Bewegung der Achse in der Achsenrichtung ein willkürliches Öffnen der Klaue von der Wagenseite aus gestattet. Für den Fall, daß die eine Klaue beim Auseinanderziehen der Wagen geschlossen geblieben ist, und wenn die Nachbarklaue nicht zu öffnen ist, ist dies von Wichtigkeit, da sonst der Kuppler zum Kuppeln zwischen die Wagen treten und die Klaue öffnen müßte.

Die **Tower-Kuppelköpfe** (Abb. 12) gestatten ebenfalls ein Öffnen der Klauen durch die Auslösevorrichtung. Die Kette *a* zieht das Verschlußstück *b* hoch, welches hierbei eine Drehung in senkrechter Ebene um die wagerechte Achse *c* ausführt und hierdurch vermittels des hinter dem Klauenschwanz liegenden Hakens *d* die Klaue nach auswärts vorwirft. Beim Schluß der Kuppelung drückt der Klauenschwanz den Haken *d* wieder zurück in die senkrechte Lage und das Verschlußstück *b* fällt wieder vor den Klauenschwanz in die Verschlußstellung zurück.

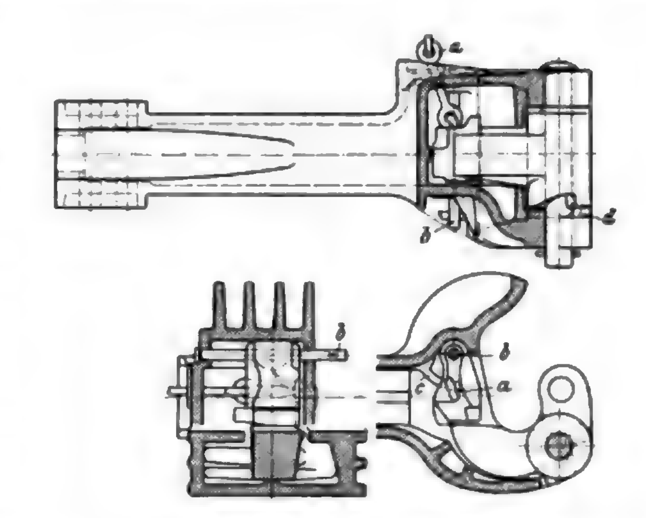


Abb. 9. Kuppelkopf von Gould.

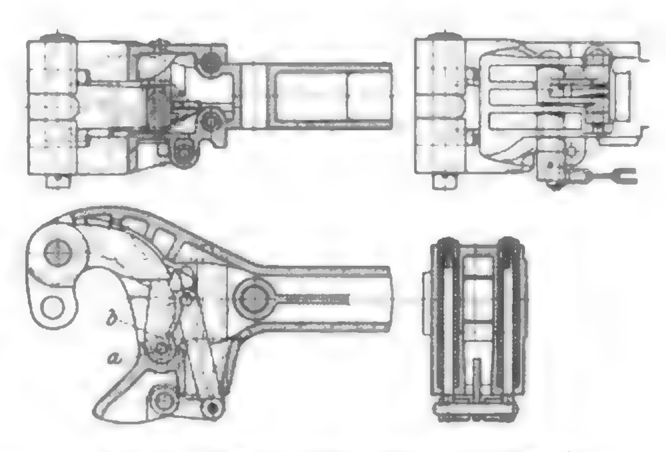


Abb. 10. Neuerer Kuppelkopf von Gould.

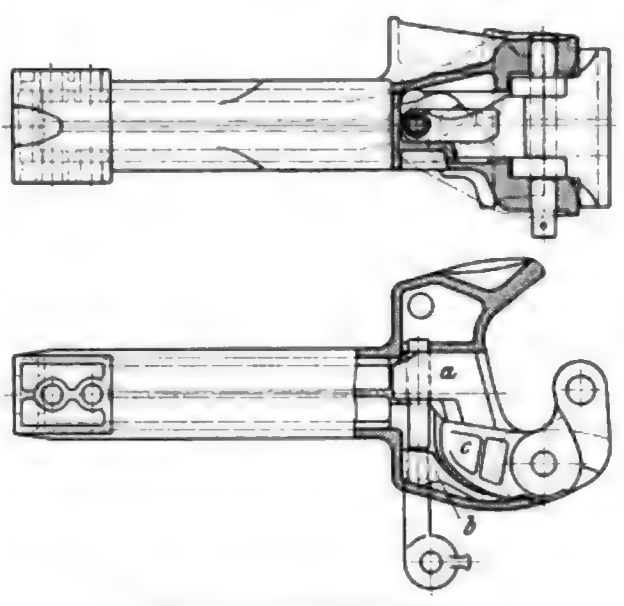


Abb. 11. Trojan-Kuppelkopf.

Der Nachteil der oberen Kopföffnung wird durch den von derselben Firma, der „Malleable Castings company“, Cleveland, hergestellten Atlas-Kuppelkopf (Abb. 13) vermieden, indem beim Öffnen der Kuppelung das durch eine Kette wagerecht verschiebbare Glied *a* vermittelst des höckerförmigen Gliedes *b* das senkrecht bewegliche Verschlußstück *c* hochhebt, welches, im Klauenschwanz gelagert, sich mit diesem um den Klauenbolzen nach auswärts bewegt.

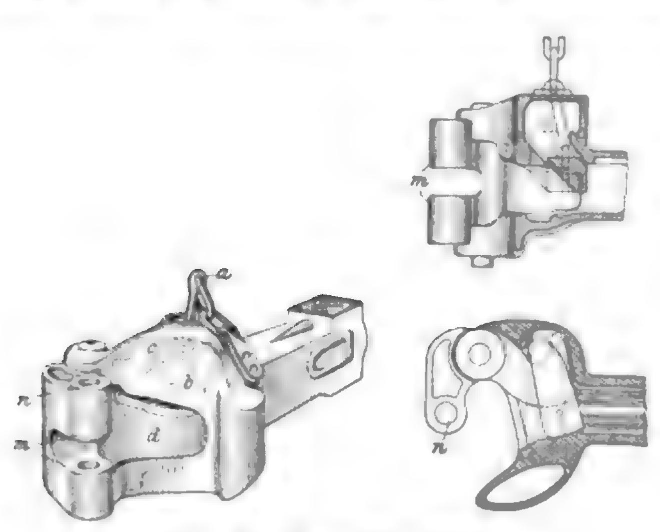


Abb. 12. Tower-Kuppelkopf.

Der anderen Aufgabe entsprechend, welche die Kuppelköpfe bei der Verbindung der Personenwagen erfüllen sollen, sind diese vielfach anders gestaltet als die Kuppelköpfe der Güterwagen. Während die auf Seite 497 beschriebenen Kuppelköpfe für Güterwagen von Janney z. B. senkrecht bewegliche Keilverschlüsse haben, haben die von Janney zur Verbindung von Personenwagen benutzten Köpfe (Abb. 14) einen um eine senkrechte Achse wagerecht drehbaren Auslösehebel *a*, welcher die Feststellung des

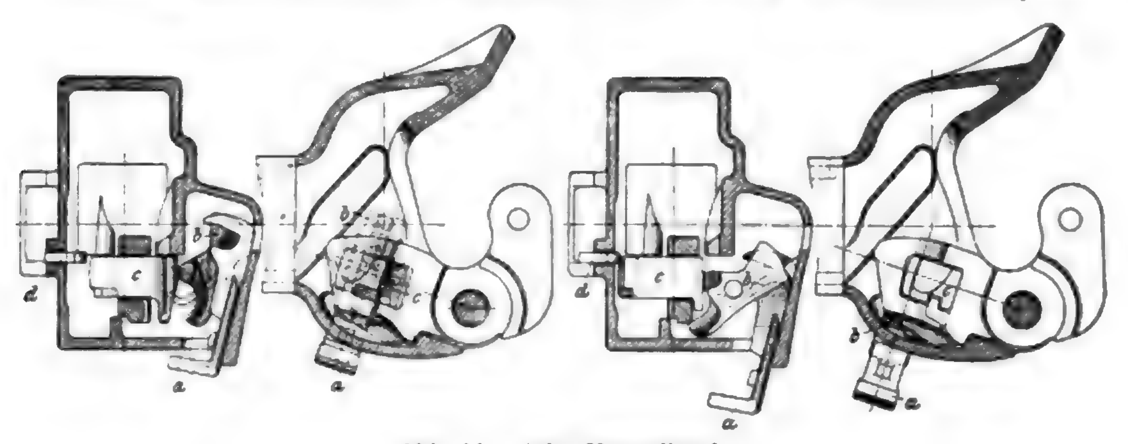


Abb. 13. Atlas-Kuppelkopf.

Klauenarms in ähnlicher Weise besorgt, wie der in Abb. 31 dargestellte Kruppsche Kuppelkopf. Diese Änderung folgte aus der Überlegung, daß der mit möglichst wenig Ausladung angebrachte Kuppelkopf vom Wagen aus bedient werden soll.

Die in Abb. 14 vorliegende Verbindungsvorrichtung von Personenwagen ist kennzeichnend auch für die meisten übrigen in Amerika üblichen. Wird der Kuppelkopf angezogen, so drückt der oben am Zugfederbügel *b* befestigte Arm den senkrecht um einen Mittelbolzen *c* schwingenden Hebel oben vor, wodurch die rechts und links vom Kuppelkopf wirkenden Pufferfedern *d d* vorgeschoben und die Spannung zwischen den Wagen her-

Digitized by Google

gestellt wird. Wird hingegen der Kuppelkopf gedrückt, so zieht eine unter dem Zugfederbügel befestigte Zugstange *e* denselben senkrecht schwingenden Hebel unten zurück, wodurch die Pufferfedern ebenfalls vorgeschoben und die Spannung zwischen den Wagen aufrecht erhalten bleibt. Diese Einrichtung hat vor der in Europa gebräuchlichen Verkuppelung mittels der Schraubenspindel nicht nur den Vorzug der Selbsttätigkeit, sondern es können sich die Wagen gegenseitig auch besser stützen, da die Entfernung zwischen ihnen gering ist, so daß sie ruhiger laufen, wie die unsrigen unter gleichen Verhältnissen. Bei Zugzusammenstößen wirkt die geringe Entfernung insofern günstig, als das Ineinanderfahren der Wagen weniger wahrscheinlich wird, da bei gleicher Länge und

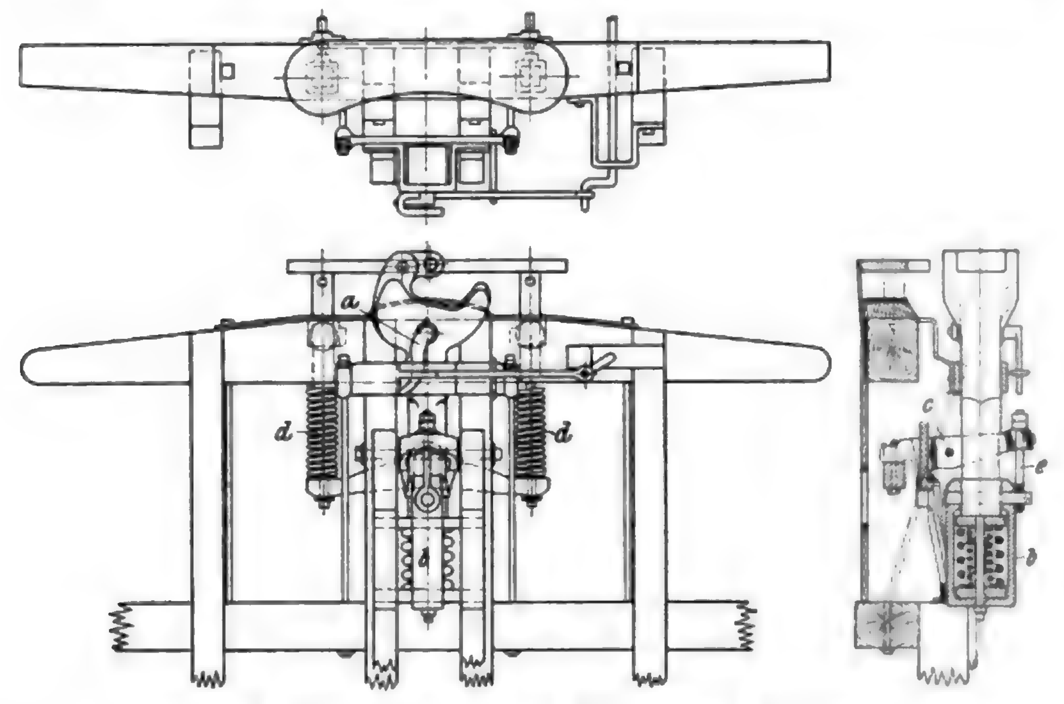


Abb. 14. Kuppelvorrichtung für Personenwagen von Janney.

Schwere der Wagen und wenn eine gleiche und bleibende Neigung gegen die Wagerechte vorausgesetzt wird, der weiter entfernte Wagen höher aufsteigen muß, als der nähere. Das Untergestell des aufsteigenden näheren Wagens findet dann an dem Untergestell des Nachbarwagens noch das Ende seines Weges, während das Untergestell des weiter entfernten Wagens ohne Widerstand in den Wagenkasten des Nachbarwagens eindringen kann.

Nachdem mit Hilfe der vorstehend beschriebenen verschiedenen Bauarten der Kuppelköpfe die allgemeine Einführung der auf den Musterzeichnungen der Master Car Builders Association festgelegten selbsttätigen Kuppelung gelungen war, ging die Zahl der Unglücksfälle für das Kupplerpersonal auf den amerikanischen Bahnen schnell zurück, wie nebenstehende zeichnerische Darstellung (Abb. 15) zeigt, und so war das von dem Präsidenten der U. S. erstrebte Ziehl erreicht.

Aber es zeigte sich nach und nach, daß manche Verbesserungen der Musterzeichnungen nötig waren, daß ferner nicht nur das System, sondern

auch die am meisten verbreiteten Kuppelköpfe große Nachteile haben. Als ein großer Fehler der Musterzeichnungen der Master Car Builders Association hat sich die Form der Eingriffslinie der Klaue herausgestellt.

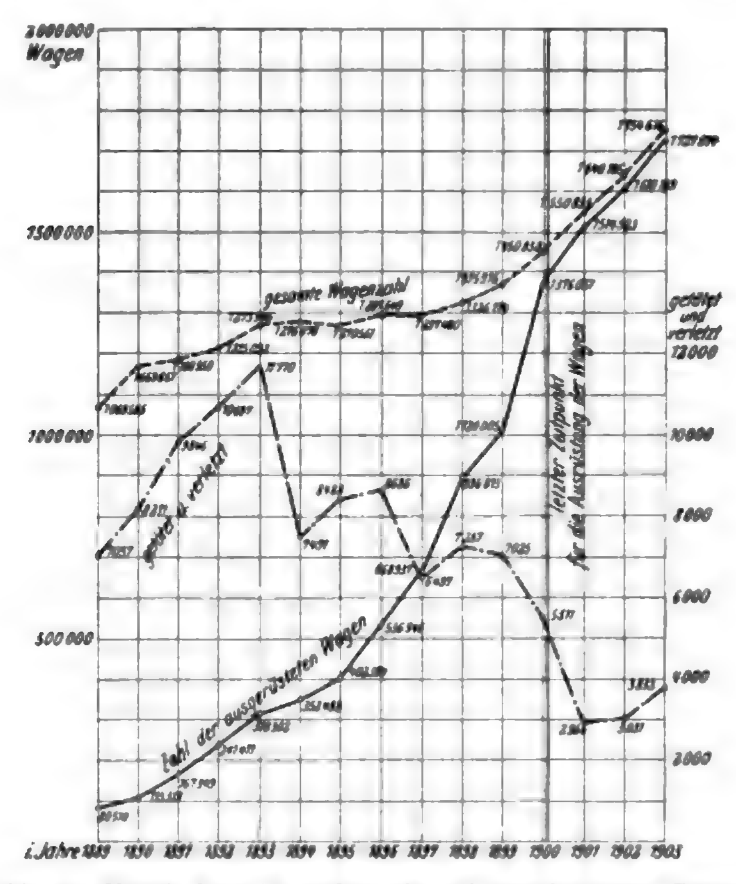


Abb. 15. Unfälle beim Wagenkuppeln auf amerikanischen Bahnen.

Dieselbe nimmt infolge der nach kurzer Zeit eintretenden Abnutzung die in Abb. 16 dargestellte Form an, welche das Bestreben des Auseinandergleitens der Köpfe an der Linie *ED* zur Folge hat. Dies Bestreben wird nur durch den bei *a* wirkenden Druck des Gegenhalters aufgehalten und führt, wie es sich gezeigt hat, zur Zugtrennung, sobald auch bei *a* die Abnutzung eingetreten und die Öffnung *ab* größer geworden ist, wie die Klauenbreite.

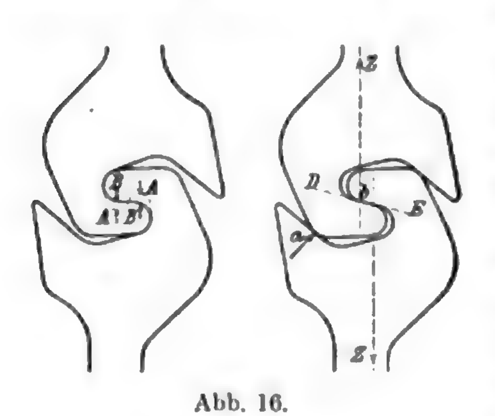


Abb. 16.

Ferner ist es ein Nachteil, daß fast alle Kuppelköpfe das Fallgewicht der Verschlußstücke zum Schluß der Kuppelung nötig haben. Diese gewöhnlich nach unten gerichtete Gewichtswirkung wird aber durch die heftigen senkrechten Stöße der Wagen häufig aufgehoben, ja sogar ins Gegenteil verwandelt, so daß Zugtrennungen durch das Lösen der Kuppelung infolge Aufsteigens der Verschlußstücke nicht selten sind.

Auch die oben bereits erwähnte Höhenlage der Kuppelung unter dem

Digitized by Google

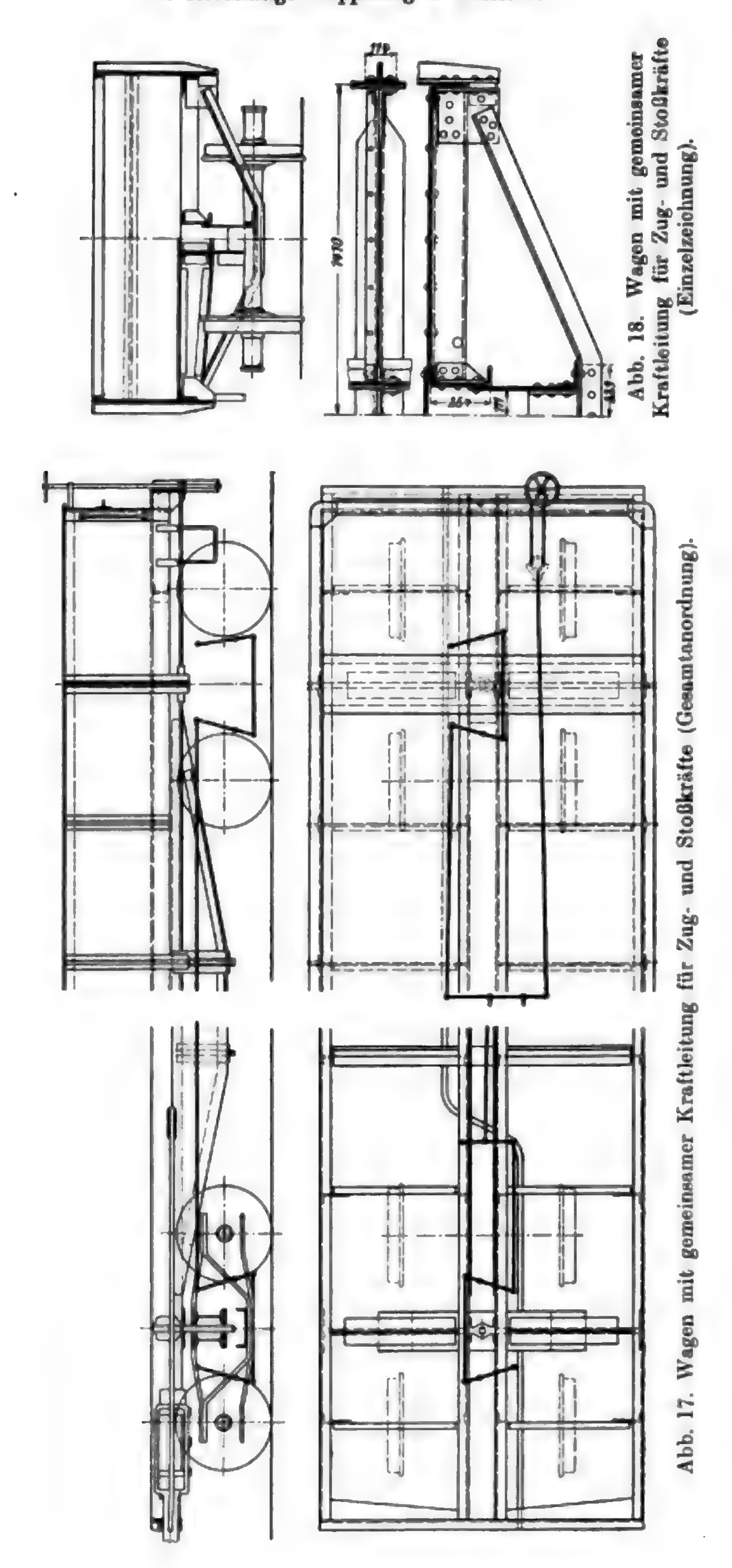


Abb. 18. Wagen mit gemeinsamer Kraftleitung für Zug- und Stoßkräfte (Einzelzeichnung).

Abb. 17. Wagen mit gemeinsamer Kraftleitung für Zug- und Stoßkräfte (Gesamtanordnung).

Untergestell stellte sich mit der Vergrößerung des Wagengewichtes und der Zugkräfte immer mehr als ein Fehler heraus. Da ein Unternieten des Zugapparates unter das Wagengestell nicht mehr dauerhaft erschien und Träger unter dem Untergestell von Wagenende zu Wagenende durchgehend für die Aufnahme der Zug- und Druckkräfte erforderlich wurden, so begann man, die Untergestelle in die Höhenlage der Kuppelung hinunter zu legen, wodurch der Übelstand vermieden wurde.

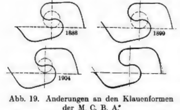


Abb. 19. Änderungen an den Klauenformen der M. C. B. A.

Die Vorteile dieser Bauart sind ersichtlich aus der vorstehenden Zeichnung eines 50 t-Wagens der Newburgh and South Shore R. aus dem Jahre 1906 (Abb. 17 und 18). Die mittleren Langträger sind so stark ausgebildet, daß sie sowohl Zug- als auch Stoßkräfte übertragen können, während die Seitenträger, welche bei den europäischen Wagen der Seitenpuffer wegen notwendig sind, aber zum toten Gewicht bedeutend beitragen, ganz fortgelassen sind.

Ein anderer Fehler der Musterzeichnungen ist die geringe seitliche Verschiebbarkeit der Kuppelköpfe.

Die Master Car Builders Association ist nun ständig an der Arbeit, diese Fehler zu verbessern. So nähern sich z. B. die neueren Umgrenzungslinien der Klauenformen schon mehr einem Haken (siehe Abb. 19).

Abb. 20. Kuppelung eines Wagens mit Kuppelkopf der M. C. B. A. und eines Wagens mit Haken und Kette.

Bei der Betrachtung der amerikanischen Klaue, z. B. in Abb. 12, fallen noch als Nachteile auf die wagerechten Aussparungen *m*, welche die Klaue in einen oberen und einen unteren Teil zerlegen, und die senkrechte Ausbohrung *n*. Beides sind Einrichtungen, welche den Übergang der in Abb. 1 dargestellten link and pin-Kuppelung zur selbsttätigen Janney-Kuppelung ermöglichen sollten. Sollte ein Wagen mit der link and pin-Kuppelung und einer mit der selbsttätigen Kuppelung zusammengekuppelt werden, so wurde die Schake *a* der Abb. 1 in die

Digitized by Google

Aussparungen *m* der Abb. 12 gelegt und ein Bolzen durch die Bohrung *n* hindurchgesteckt, so daß der Schluß ähnlich erfolgte wie in Abb. 20. Diese Übergangsvorrichtung hatte zwar den Nachteil, daß häufig infolge heftiger Anzugskraft die Bohrung ausbrach (Abb. 21) oder aber der Einsteckbolzen sich so sehr krümmte, daß eine Lösung der Kuppelung ohne Gewalt nicht möglich war, sie erfüllte jedoch für die kurze Zeit des Übergangs ihren Zweck. Daß sich dieser Übergang so rasch und leicht vollzog, lag in der

Abb. 21. Beschädigung an Klauen der M. C. B. A.

Tatkraft, mit welcher die erforderlichen Geldopfer durch den Präsidenten der Vereinigten Staaten von den Eisenbahngesellschaften gefordert wurden, ferner aber auch an der Tatsache, daß der Übergang von einer nicht selbsttätigen Mittelpufferkuppelung zu einer selbsttätigen keine großen technischen Schwierigkeiten verursacht, wenn die Stoßvorrichtungen bereits von Anfang an mit den Kuppelvorrichtungen vereinigt sind.

2. Die selbsttätige Kuppelung in Europa.

a) Stand vor der Einführung.

Anders liegen die Verhältnisse in Europa. Da die Eisenbahnen zum großen Teil in Händen der verschiedenen Staaten sich befinden, welche von den Überschüssen derselben die Ausgaben für die in Amerika nicht so stark ins Gewicht fallende Landesverteidigung zu bestreiten haben, so sind die Geldmittel für den Übergang von der nicht selbsttätigen Kuppelung zur

selbsttätigen Kuppelung schwer flüssig zu machen. Bei vielen Bahnen müssen die aufzuwendenden Geldmittel ferner schon deshalb größer sein wie in Amerika, weil noch viele kurze Wagen geringer Tragfähigkeit im Betriebe sind, bei denen das Verhältnis des Eigengewichts zur Nutzlast durch die Anbringung der schweren selbsttätigen Kuppelung in so unzulässiger Weise wachsen würde, daß sie ausgemustert werden müßten. Außerdem sind in Europa bedeutende technische Schwierigkeiten zu überwinden, welche einmal durch die Landesgrenzen entstehen, wenn sich nämlich ein Staat von der Verbesserung ausschließt, ein andermal aber dadurch hervorgerufen werden, daß die bisherigen Stoßvorrichtungen an den Seiten der Wagen sich befinden, die Stoßvorrichtungen der einzuführenden Mittelkuppelung aber in der Wagenmittellinie liegen müssen, wenn man nicht in den Wagengestellen die teueren seitlichen Kraftleitungen für Stoß und dazu noch die mittleren für Zug beibehalten will. Sämtliche Nachteile der seitlichen Puffer, die im vorhergehenden bereits besprochen sind, würde man unnötigerweise beibehalten, falls bei dem Ersatz der Spindelkuppelung durch eine selbsttätige nicht gleichzeitig darauf Bedacht genommen würde, die Puffer später in die Schwerpunktsmittellinie des Untergestells verlegen zu können.

Der Haupthinderungsgrund dafür, daß die Versuche zur Einführung der selbsttätigen Kuppelung so langsam vor sich gehen, ist aber folgender: Man glaubt immer noch mit der alten Kuppelung auskommen und die selbsttätige Kuppelung überhaupt entbehren zu können. Jedem, der die jetzigen gewaltigen Personen- oder Güterzuglokomotiven ansieht, fällt jedoch das Mißverhältnis auf zwischen den schwachen Spindelkuppelungen, die den Riesen an den Enden anhängen, und der Kraft, deren die Lokomotiven fähig erscheinen. Und in der Tat werden so außerordentlich viele Zug- und Stoßvorrichtungen jährlich zerrissen oder unbrauchbar, daß die Kosten für die Wiederherstellung derselben nachweislich hinreichen, um in weniger als zehn Jahren sämtliche Wagen mit der selbsttätigen starken Kuppelung auszurüsten. Daß diese mächtigen Geldsummen sich mit der Vermehrung der Betriebsmittel und der Vergrößerung der Zugkräfte Jahr für Jahr ebenfalls vergrößern und es mit Rücksicht auf den eigenen Vorteil durchaus gut wäre, möglichst bald durch ausführliche Versuche im großen die Entwickelung der Sache zu fördern, wird jedoch an den maßgebenden Stellen der europäischen Eisenbahnverwaltungen vielfach nicht anerkannt. Die Wiederherstellungskosten der selbsttätigen Kuppelung sind wegen der um $2^1/_2$ mal größeren Stärke und der geringeren Bearbeitungskosten derselben um etwa zwei Drittel geringer als die der Spindelkuppelung.

Es stimmt diese Verhältniszahl ungefähr mit der Verringerung der Unterhaltungskosten überein, die sich in Amerika nach der Einführung der selbsttätigen Kuppelung ergeben haben, wo dieselben im Verhältnis von 11·8 : 4·25 gefallen sind.

Die Schwächen der Einzelteile der europäischen Spindelkuppelung sind genugsam bekannt. Es nützt auch nichts, diese Kuppelung verbessern zu wollen, denn jede Anpassung derselben an die jetzigen Beanspruchungen macht sie schwerer, also unhandlicher für die Kuppler, und vergrößert die Zahl der jährlichen Unglücksfälle, welche beim Kuppeln der Wagen durch diese Kuppelung hervorgerufen werden.

Die Grenze für die Vergrößerung der Zugfestigkeit der Spindelkuppelung liegt hier in der körperlichen Leistungsfähigkeit des Menschen, der die Kuppelung anheben muß. Darüber kann niemand hinaus.

Nebenstehende Abbildungen von aus dem gewöhnlichen Betriebe entnommenen Spindeln mögen die Schwäche der Kuppelung veranschaulichen. (Abb. 22.)

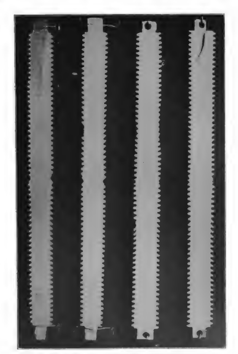


Abb. 22. Beschädigungen an den Spindeln der Spindelkuppelung.

b) Vorrichtungen für den Übergang von der Spindel- zur selbsttätigen Kuppelung.

Sehen wir uns nunmehr die Vorrichtungen an, welche in Europa dazu dienen sollen, die Spindelkuppelung durch die selbsttätige Kuppelung ohne Betriebsstörung zu ersetzen. Diese Vorrichtungen, welche häufig recht vielteilig und wenig übersichtlich sind, sollen hier denselben Zweck erfüllen, wie in Amerika die auf Seite 504 und 505 beschriebene einfache Aussparung mit der Bohrung in der Kuppelklaue.

Digitized by Google

Das Verdienst, den Anfang mit diesen Versuchen zur Einführung der selbsttätigen Kuppelung gemacht zu haben, gebührt der Verwaltung der Bayerischen Staatseisenbahnen, welche im Jahre 1898 den Technischen Ausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen um Begutachtung ihrer Übergangsvorrichtung ersuchte. (Abb. 23.) Wie nicht anders zu er-

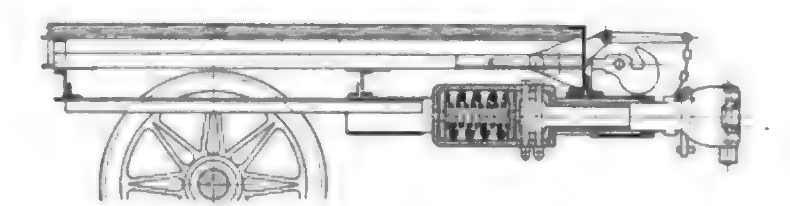


Abb. 23. Erste Bayerische Übergangskuppelung.

warten, war dieser erste Versuch mit mancherlei Fehlern behaftet. Unter dem Untergestell der Wagen ist die Lagerung des amerikanischen Kuppelkopfes angeheftet und damit jener alte Fehler der Amerikaner nachgemacht, durch den die Zug- und Stoßkräfte nicht geradlinig, sondern in Zickzacklinie durch den Wagenzug geführt werden. (Siehe Abb. 2.) Über den selbsttätigen Kuppelköpfen liegen in ihrer alten Höhe (ich werde diese Höhenlage ferner kurz „Zughakenhöhe" nennen) die Zughaken der alten Spindelkuppelung. Die Gehänge selbst sind entfernt. Falls nun, wie in Abb. 24 zu sehen, nur Wagen mit selbsttätiger Kuppelung miteinander gekuppelt werden sollen, geht es gut. Falls jedoch ein Wagen mit selbsttätiger Kuppelung auf einen Wagen mit der alten Spindelkuppelung trifft, ist, wie Abb. 25 zeigt, ein Anziehen der Kuppelung mit festem Schwengel nicht, mit beweglichem nur schwer möglich, da der Schwengel *a* der Schraube auf den Kuppelkopf schlägt. Die sehr wichtigen Notkuppelungen können überhaupt nicht benutzt werden. Der Hauptfehler jedoch ist, wie bereits erwähnt, die Übertragung der Zugkräfte durch den Wagenzug in Zickzacklinie.

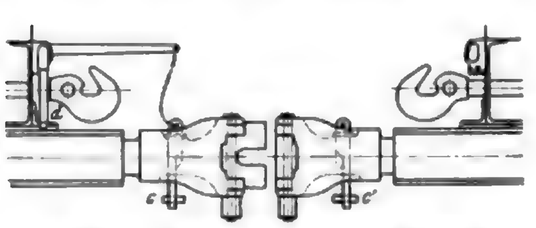


Abb. 24. Einzelzeichnung zu Abb. 23.

Die Fehler dieser Bauart vermeidend, wurde durch die von Grimme und Weddigen erfundene und von der Firma Fried. Krupp A.-G. in Essen angefertigte Bauart des Umsteckkopfes zuerst der Grundsatz der geradlinigen Kraftübertragung für Zug- und Stoßkraft von Wagen zu Wagen nicht nur in wagerechter, sondern auch in senkrechter Ebene zum Ausdruck gebracht. Wie aus der umstehenden Abb. 26 ersichtlich, ist die Zugvorrichtung der selbsttätigen Kuppelung *c* in das Wagenuntergestell eingebaut und nicht, wie bei der bayerischen und der amerikanischen Bauart, Abb. 23, unter demselben befestigt. In dem Schaft der selbsttätigen Kuppelung befindet sich bei *d* eine Höhlung, in

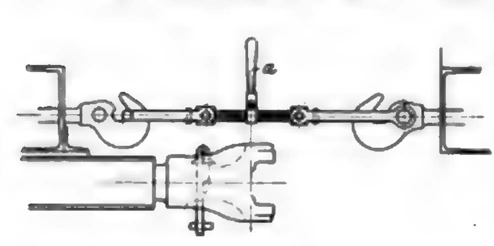


Abb. 25. Einzelzeichnung zu Abb. 23.

Digitized by Google

welche der Kuppelkopf *a* von vorn hineingesteckt und durch den Bolzen *e* befestigt werden kann. Soll der Wagen wieder mit der Spindelkuppelung ausgerüstet werden, so nimmt man den Kuppelkopf *a* nach vorn aus der

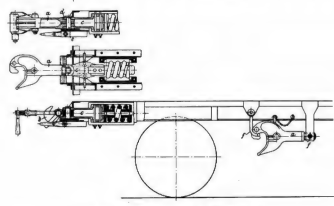


Abb. 26. Übergangskuppelung mit Umsteckkopf.

Höhlung des Schaftes *c* heraus, hängt ihn seitlich am Untergestell bei *ff* auf, steckt den Haken *b* in die jetzt freie Höhlung des Schaftes *c* hinein und befestigt ihn mit demselben Bolzen *e*, der vorher den Kuppelkopf *a* gehalten hatte. Beide Benutzungsarten sind nachstehend veranschaulicht. (Abb. 27 und 28.)

Abb. 27. Übergangskuppelung mit Umsteckkopf (Spindelkuppelung, fertig zum Gebrauch).

In derselben Weise hat das k. k. Österreichische Eisenbahnministerium die beiden Kuppelungsarten vereinigt. Die Abweichungen sind aus Abb. 29 ersichtlich. Andere Bahnen, wie die Reichseisenbahnen von Elsaß-Loth-

Digitized by Google

ringen, die Württembergischen Staatsbahnen, die Kaiser-Ferdinand-Nordbahn u. a. haben ähnliche Umsteckvorrichtungen verwendet. Alle diese Bauarten haben vor anderen den Vorzug, daß sie sowohl jetzt für lange,

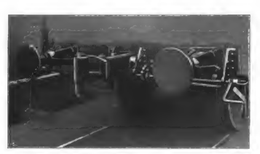


Abb. 28. Übergangskuppelung mit Umsteckkopf (selbsttätiger Kuppelkopf, fertig zum Kuppeln).

wie später für kurze Wagenabstände brauchbar sind. Die aus Abb. 30 ersichtliche Vorrichtung wurde von Jedlicka in Prag erfunden, doch kann

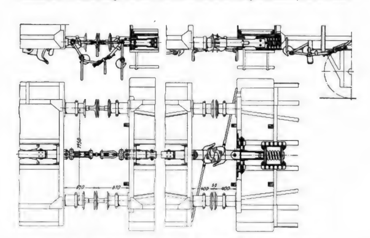


Abb. 29. Umsteckkuppelung des k. k. Österreich. Eisenbahnministeriums.

die Aufnahme heftiger Stöße von ihr nicht erwartet werden, da sie auf der Zugstange der Spindelkuppelung sitzt und diese zum Aufnehmen von Stößen ungeeignet ist.

Digitized by Google

Soll die Auswechselung der selbsttätigen Kuppelung während des gewöhnlichen Betriebes häufiger geschehen, so ist die Herausnahme des Kopfes und das Anhängen desselben am Untergestell zu zeitraubend. Es kann dann folgende Übergangsbauart der Firma Fried. Krupp A.-G. in Essen verwendet werden. (Abb. 31.) Der Kuppelkopf und der Zughaken sitzen auf dem Schaft *c* der selbsttätigen Kuppelung gemeinsam an dem senkrechten Drehbolzen *d*. Durch den Bolzen *e* wird der Kuppelkopf in seiner in der Figur gezeichneten Stellung festgehalten. Soll der Kuppelkopf außer Gebrauch gesetzt und die Spindelkuppelung benutzt werden, so wird der Bolzen *e* herausgezogen und der Kuppelkopf zurückgeschwenkt,

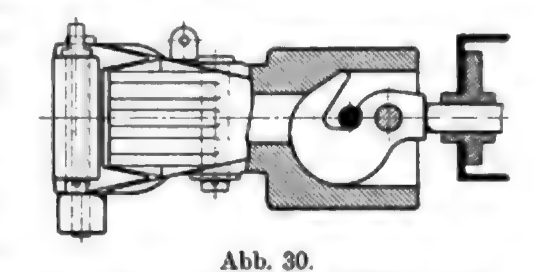


Abb. 30.
Übergangskuppelung von Jedlicka, Prag.

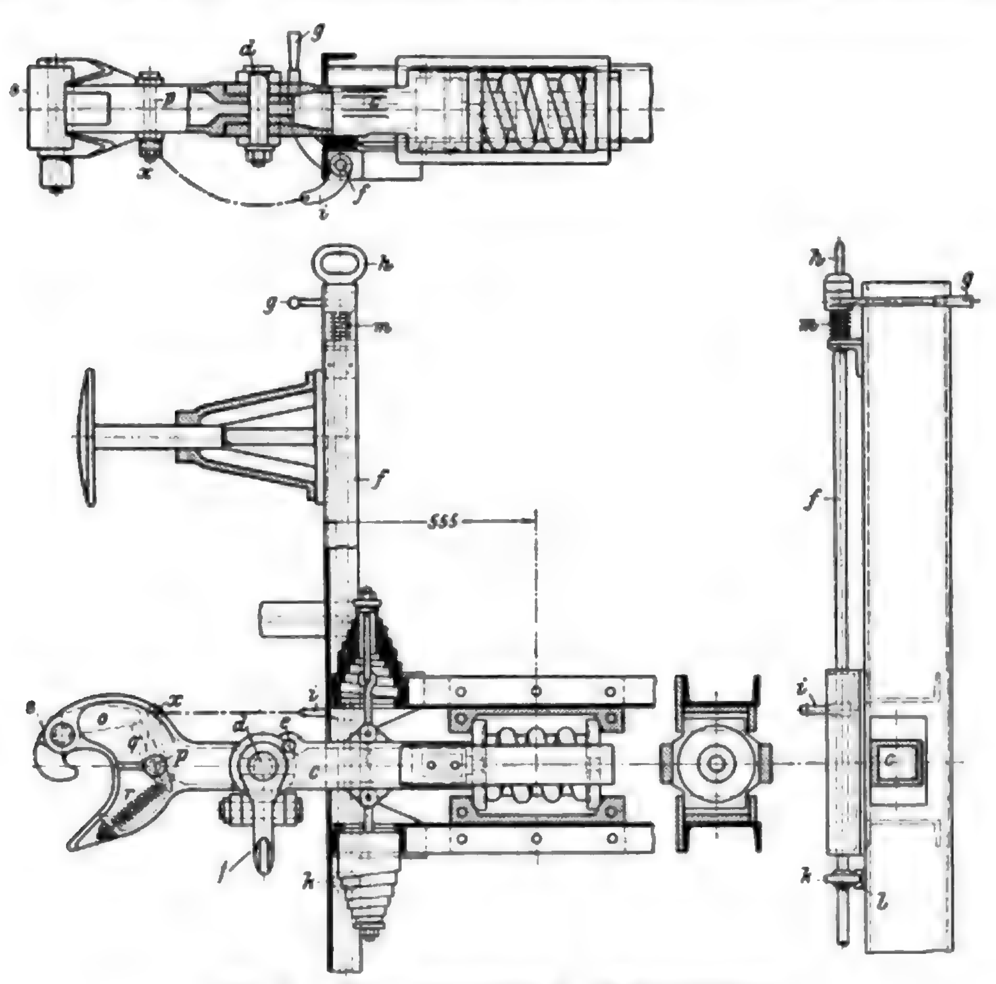


Abb. 31. Übergangskuppelung mit Schwenkkopf.

so daß sich der Zughaken *f* vordreht und benutzt werden kann. Beide Stellungen sind nachstehend veranschaulicht. (Fig. 32 und 33.)

Eine wesentliche Änderung gegen die amerikanischen Bauarten haben die in Deutschland versuchten Auslösevorrichtungen für die selbsttätige Mittelkuppelung.

Wie Abb. 34 zeigt, ist die amerikanische Auslösevorrichtung stets nur an den zwei Enden einer Diagonale des Fahrzeuges angebracht, und ist

Abb. 32.
Übergangsvorrichtung mit Schwenkkopf (selbsttätiger Kuppelkopf, fertig zum Kuppeln.)

Abb. 33.
Übergangsvorrichtung mit Schwenkkopf (Spindelkuppelung, fertig zum Gebrauch).

es daher dem die Kuppelung lösenden Arbeiter nicht möglich, beim Versagen einer Auslösevorrichtung zweier gekuppelter Wagen die Wagen zu entkuppeln, ohne unter der Kuppelung durchzukriechen, um so die andere Auslösevorrichtung zu erreichen. Hierbei kommt er leicht zu Fall und

Digitized by Google

wird überfahren. Die Kgl. Bayerischen Staatseisenbahnen haben diese alte Anordnung ebenfalls an ihren Wagen beibehalten. Die Einzelteile derselben sind je nach den Aufgaben verschieden, die ihr bei den einzelnen Bauarten der Kuppelköpfe zufallen. Gewöhnlich soll, wie in Abb. 35 dargestellt, ein Sperrkeil gehoben werden, und dann besteht die Auslösevorrichtung aus einem über dem Kopf am Wagen gelagerten Winkelhebel, durch dessen Drehung am Handgriff *a* der Punkt *c* sich nach oben bewegt und den mit ihm durch eine Kette verbundenen Sperrkeil in die Lösestellung hebt. Durch Anschläge *m* und *n*, die durch geringe horizontale Verschiebung der Welle aufeinander treffen, kann der Sperrkeil auch nötigenfalls in dieser Lage gehalten werden, falls ein Kuppeln nicht mehr beabsichtigt ist.

Die obigen Nachteile der nur an den Enden einer Diagonale des Fahrzeuges liegenden Auslösevorrichtungen werden durch die in Abb. 31 veranschaulichte Bauart vermieden.

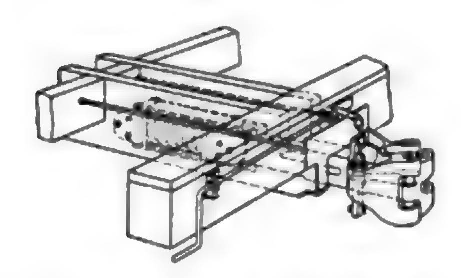


Abb. 34. Einseitige Anordnung der Auslösevorrichtung in Amerika.

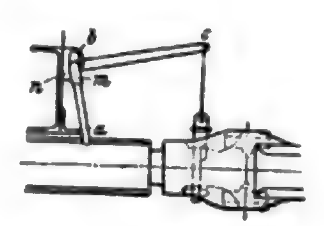


Abb. 35. Bayerische Anordnung der Auslösevorrichtung.

Unter dem Kopfstück des Untergestells läuft eine Welle *f*. Sie kann durch zwei an ihren beiden Enden sitzende Handhebel *g* um ihre Achse gedreht werden. Außerdem ermöglichen zwei Handgriffe *h* ihre Verschiebung in der Achsenrichtung. Auf der Welle sitzt der Hebel *i*, welcher durch eine Kette mit dem Sperrhebel *x* des Kuppelkopfes verbunden ist. Die Welle *f* ist gegen unbeabsichtigte Drehung durch eine Sperrscheibe *k* mit zwei Schlitzen gesichert, in welche ein aus einem an der Kopfschwelle des Wagens befestigten Winkeleisen gebildeter Zahn *l* eingreift. Soll die Kuppelung gelöst werden, so wird durch Ziehen am Handhebel *h* in der Achsenrichtung der Welle die Sperrscheibe vom Zahn befreit. Durch die jetzt mögliche Drehung mittels des Handhebels nach vorn wird die Kette vermittelst des Hebels *i* angezogen und der Sperrhebel *xq* des Kuppelkopfes gelöst. Die Kuppelklaue wird dann durch die unten an ihrem Drehbolzen befindliche Spiralfeder selbsttätig geöffnet. Soll nunmehr ein Kuppeln der Wagen erfolgen, so wird die Auslösevorrichtung wieder in den vorigen Zustand zurückgeführt, indem der Hebel *g* wieder gehoben wird. Die Welle federt hierauf durch die Wirkung der Federn *m* in ihrer Achsenrichtung in die durch den Zahn *L* gesperrte Stellung zurück. Die Kette hängt dann schlaff herab, sodaß der Sperrhebel den in die gezeichnete Lage gedrückten Klauenschwanz *o* hindert, wieder nach vorn zu schnellen. Soll jedoch ein Kuppeln der Wagen verhindert werden, z. B. zum Fortstoßen der Wagen bei einer Verschiebebewegung, so wird der Hebel *g*

nicht hochgehoben, sondern in der unteren Stellung belassen und in den in der Sperrscheibe befindlichen dieser Stellung entsprechenden zweiten Schlitz geführt. Die Kette bleibt dann angespannt und der Sperrhebel x zurückgezogen, so daß die Kuppelklaue jede Bewegung machen kann, ohne mit dem Sperrhebel in Berührung zu kommen. Um ein Längen der Ketten infolge zu weiten Vorziehens des Kuppelkopfes, das sich bei den Versuchen gezeigt hat, zu verhüten, wird neuerdings an den Schaft des Kuppelkopfes ein Anschlag angebracht, um die Welle rechtzeitig vorzuschieben. So ist ein unbeabsichtigtes Anspannen der Kette mit Sicherheit ausgeschlossen.

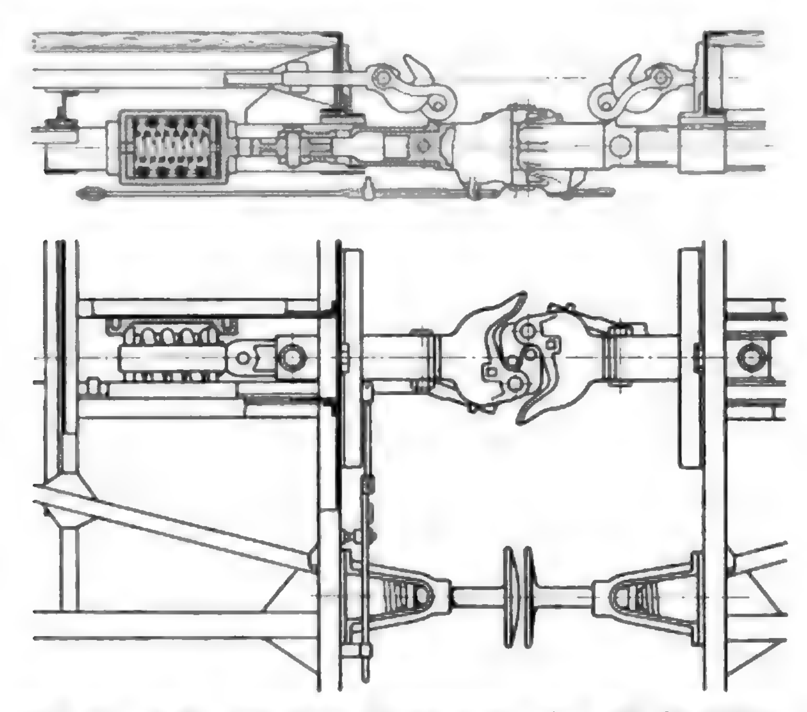


Abb. 36 und 37. Bayerische Übergangskuppelung für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung.

Nachdem die vorstehend beschriebenen Bauarten an bayerischen und Kruppschen Versuchswagen erprobt waren, folgten viele Eisenbahnverwaltungen mit eigenen Entwürfen zu Kuppelungen, sowohl in der Höhe der Zughaken als unter dem Untergestell. Die Bayern übernahmen bei der Anbringung des Kuppelkopfes unter dem Untergestell den abnehmbaren Kuppelkopf aus der Kruppschen Bauart. (Abb. 36 u. 37.) Die Badenser haben den Drehpunkt eines unter dem Untergestell liegenden und schräg nach unten schwenkbaren Schwenkkopfes weiter nach rückwärts gelegt und die Kuppelköpfe abnehmbar an den Seitenträgern aufgehängt, um den für den Kuppler der Spindelkuppelung nötigen Raum nicht zu verengen. (Abb. 38.) Die Kaiser-Ferdinand-Nordbahn hat die die Stöße der Kuppelung unter dem Untergestell aufnehmenden U-Eisen des Traggerüstes von einem Wagenende zum andern durchgeführt. (Abb. 39.)

Bei der Anbringung der selbsttätigen Kuppelung in Zughakenhöhe ist die Übergangseinrichtung von der Spindel- zur selbsttätigen Kuppelung schwieriger, vor allem dann, wenn der Raum zur Bedienung der Spindel-

Digitized by Google

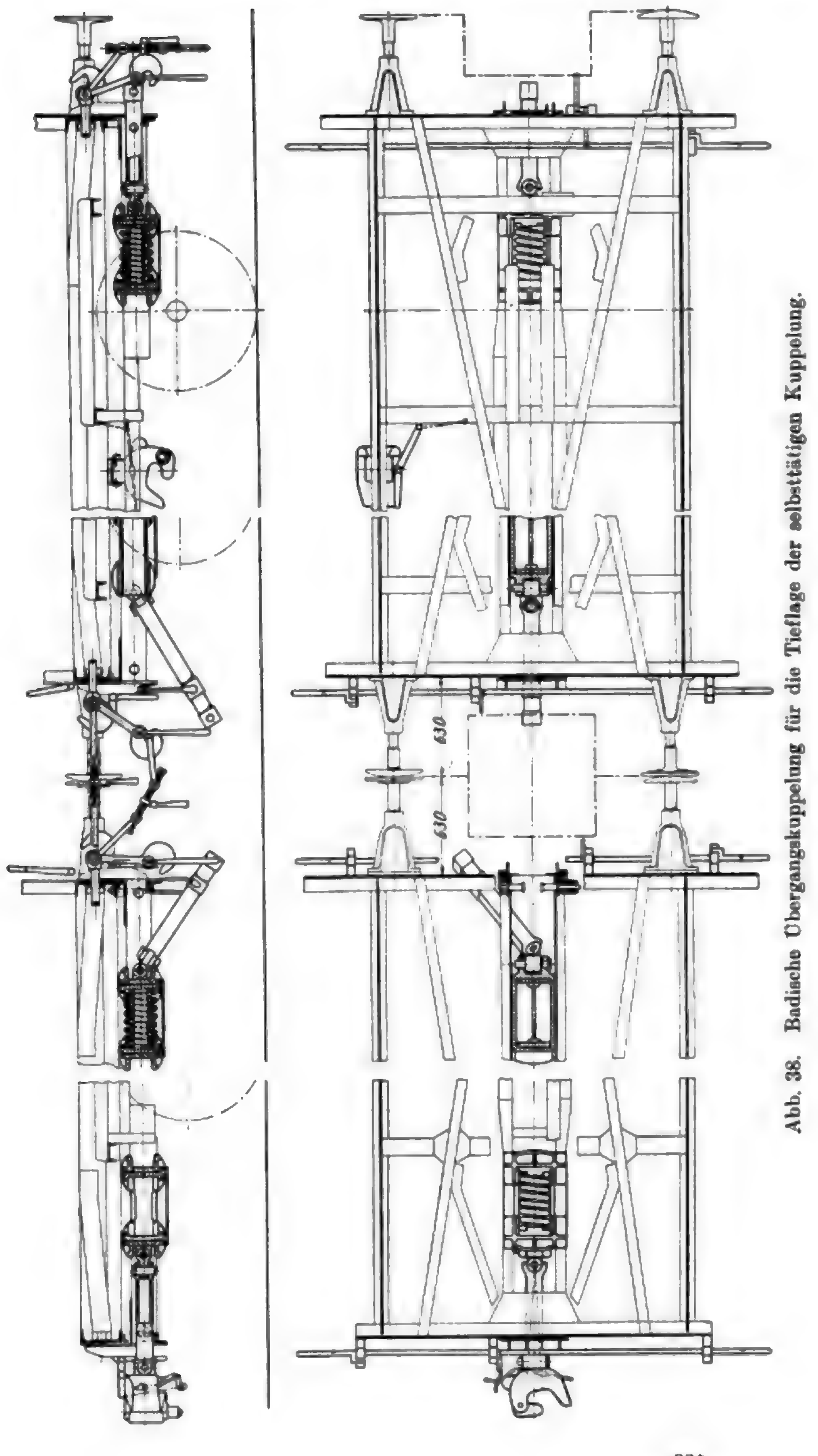


Abb. 38. Badische Übergangskuppelung für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung.

kuppelung ganz frei gehalten werden soll. Diesen Zweck verfolgten die zwei Bauarten der Firma Krupp, ausgeführt an Wagen der Kgl. Eisenbahndirektion Berlin. (Abb. 40.) Anordnung 1 ist ein Schwenkkopf mit dem Horn *a*, das seitlich am Schaft angegossen und von der oberen und unteren Deckplatte des Kuppelkopfes so umfaßt wird, daß es sowohl beim Vor- wie beim Zurückschwenken des Kuppelkopfes als Feststellvorrichtung wirken kann, indem der Bolzen *b* einmal auf der linken, das andere Mal auf der rechten Seite des Schwenkkopfes in die Höhlung des Hornes gesteckt wird.

Wie die eine Seite der Zeichnung des Wagens mit dem Schwenkkopf mit Horn zeigt, ist der einpunktierte Raum für den Kuppler an beiden

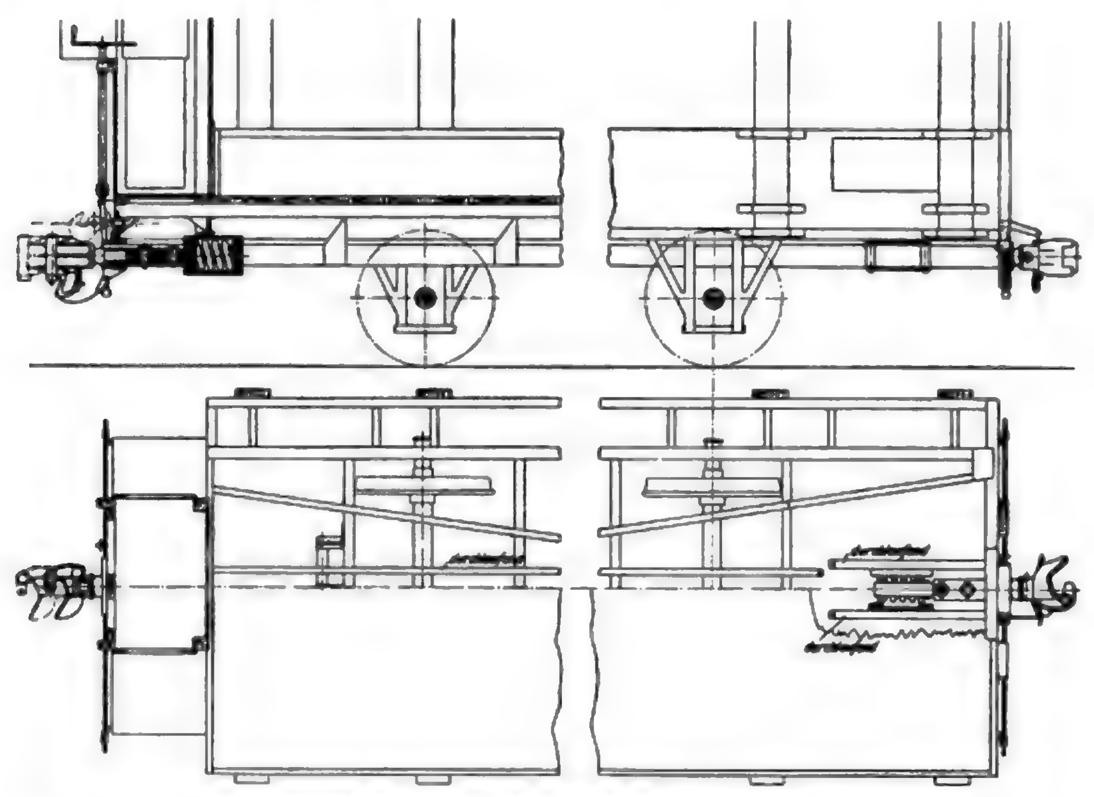


Abb. 39. Übergangskuppelung der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung.

Seiten des Zugkakens 400 × 375 mm, nicht ganz frei, da der ausgeschwenkte Kopf noch einen dreieckförmigen Teil bedeckt. Dieser Übelstand wird ganz vermieden durch den teilbaren Schwenkkopf der Anordnung 2. Wie aus der Zeichnung hervorgeht, wird der eine Kopfteil nach der rechten, der andere nach der linken Seite des fest in der Mitte befindlichen Zughakens ausgeschwenkt, nachdem zwei Schrauben *c*, welche die beiden Kopfteile vorher keilförmig zusammenpreßten, gelöst sind. Der Zughaken der Spindelkuppelung ist hier im Schaft der Kuppelung unbeweglich eingebaut, während er bei dem Schwenkkopf mit Horn an einem senkrechten Bolzen wagerecht drehbar ist.

Beim Entwurf des in Abb. 31 dargestellten Kuppelkopfes, Bauart Krupp, wurden auch die Fehler berücksichtigt, die sich bei den amerika-

nischen Kuppelköpfen im langjährigen Betriebe gezeigt hatten und die auf S. 504 bereits beschrieben sind.

Um die Gewichtswirkung des Sperrkeiles zu vermeiden, wurde eine wagerecht wirkende Federsperrung benutzt. Der Klauenschwanz *o* drückt

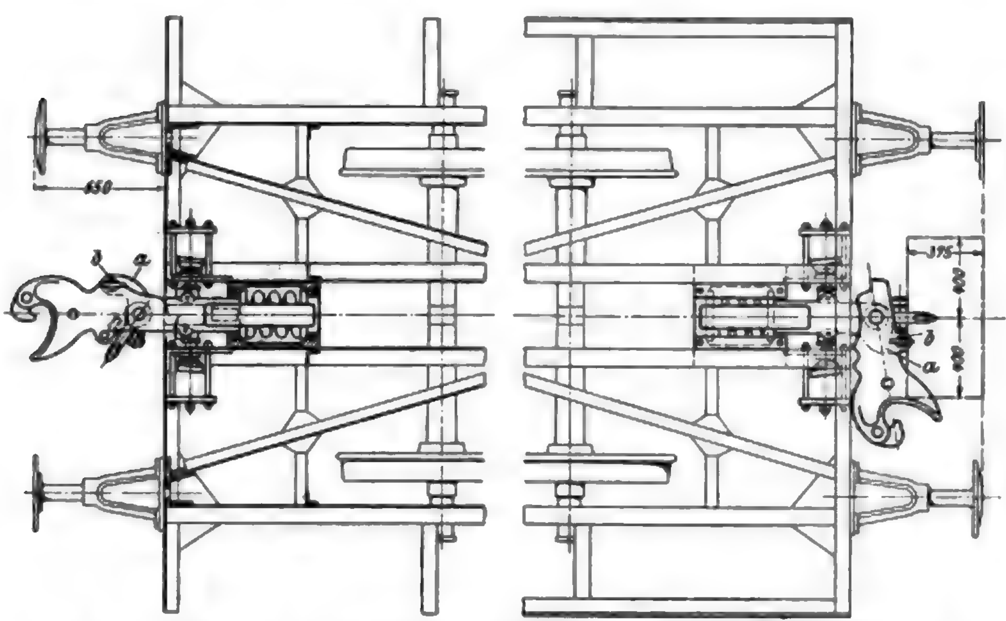


Abb. 40a. Anordnung 1. Übergangskuppelung mit Hornschwenkkopf für die Lage beider Kuppelungen in Zughakenhöhe.

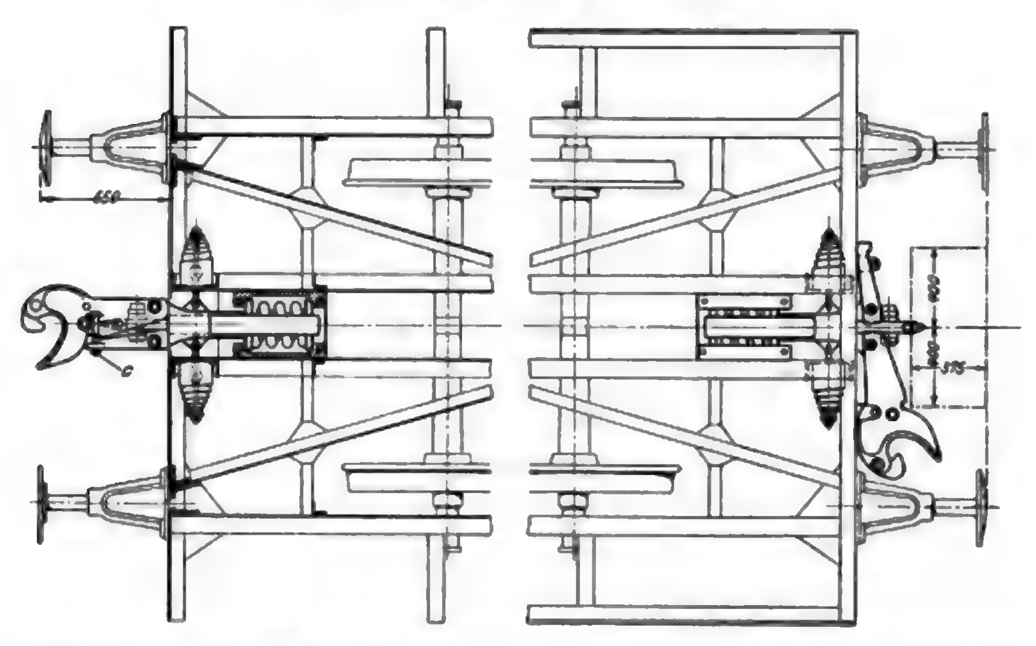


Abb. 40b. Anordnung 2. Übergangsvorrichtung mit teilbarem Schwenkkopf für die Lage beider Kuppelungen in Zughakenhöhe.

bei der Schließbewegung der Klaue den auf einer senkrechten Welle *p* sich drehenden Sperrhebel *q* zurück, welcher durch eine Spiralfeder *r* in die Sperrlage wieder vorgeschnellt wird, nachdem der Klauenschwanz seinen Weg beendet hat. Auf der Welle *p* sitzt geschützt unter dem Kopf der

Auslösehebel *x*, und es öffnet sich die Klaue wieder, sobald *x* nach dem Wagen zu zurückgezogen wird. Letzere Klauenbewegung geschieht selbsttätig infolge der Wirkung einer um den Drehbolzen *s* der Klaue unten aufgewickelten Feder, so daß jeder entkuppelte Wagen mit geöffneter Klaue verbleibt. Vor der ebenfalls ohne Gewichtswirkung sich betätigenden Gould-Kuppelung hat der Kruppsche Kuppelkopf noch den Vorteil der einfacheren Federanordnung und den der oben geschlossenen Wandung.

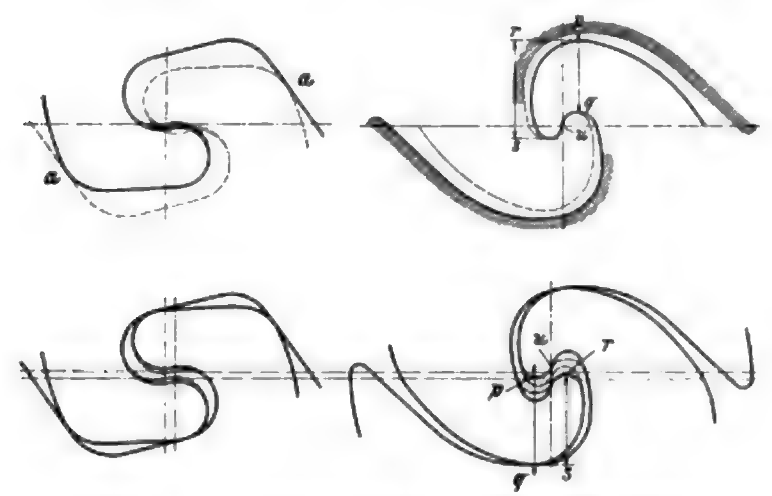


Abb. 41. Amerikanische und Kruppsche Eingriffslinien.

Bei dem Kruppschen Kuppelkopf fällt zunächst die von den vorher erwähnten Köpfen verschiedene Eingriffslinie der Klaue auf. Die hakenförmige Eingriffslinie ist zu dem Zweck gewählt, den seitlichen Kraftschluß der Kuppelung, welcher bei den übrigen Köpfen in dem Gegenhalter bei *a* lag, in die Klaue nach *u*, Abb. 41, zu legen, und so die Abnutzung des teueren Kopfes auf die billigere Klaue zu übertragen. Da die Tangente

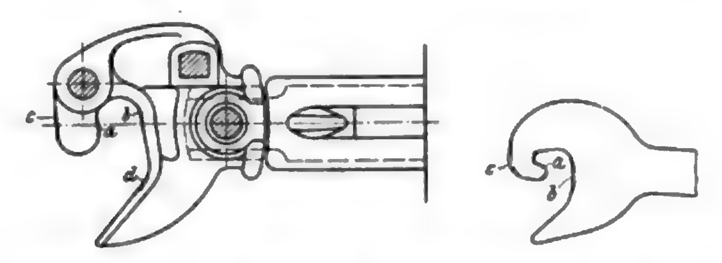


Abb. 42. Abnutzungen der Kuppelköpfe mit amerikanischen und mit Kruppschen Eingriffslinien.

im Wendepunkt der Hakenkurve mit der Zugrichtung zusammenfällt und dieser Punkt durch Zugkräfte also nicht abgenutzt wird, so verschiebt sich die Eingriffslinie zwar durch Abnutzung in der Zugrichtung, ihre Hakenform selbst ändert sie aber hierbei nicht, so daß Zugtrennungen infolge Auseinandergleiten der Kuppelköpfe durch die Wahl dieser Eingriffslinie vermieden sind. Es ist eine Zugtrennung nur möglich, wenn die Abnutzung der Haken selbst so zugenommen hat, daß die Entfernung *pq* größer als die Entfernung *rs* geworden ist, und so bei seitlichem Stoß

Digitized by Google

der eine Haken neben dem andern vorbeigreifen kann. Dieser Fall muß im Betriebe durch rechtzeitiges Auswechseln des Hakens (nicht des Kopfes, wie häufig in Amerika) vermieden werden.

Ein zweijähriger Vergleichsbetrieb mit beiden Formen der Eingriffslinien ergab folgende Abnutzungen (vgl. Abb. 42). Bei *b* und *c* ist durch Stoßkräfte eine etwa 1 mm, bei *a* durch die Reibung der Zugkräfte eine ungefähr 2 mm starke Abnutzung eingetreten. Bei der amerikanischen Form kam dann die sehr bedenkliche Abnutzung bei *d* bis zu 2 mm hinzu.

Da die Vorteile der Kruppschen Hakenklauenform gegenüber der amerikanischen Form, welche seinerzeit ohne viel Überlegung aus dem Grunde allgemein angenommen wurde, weil sie gerade üblich und für

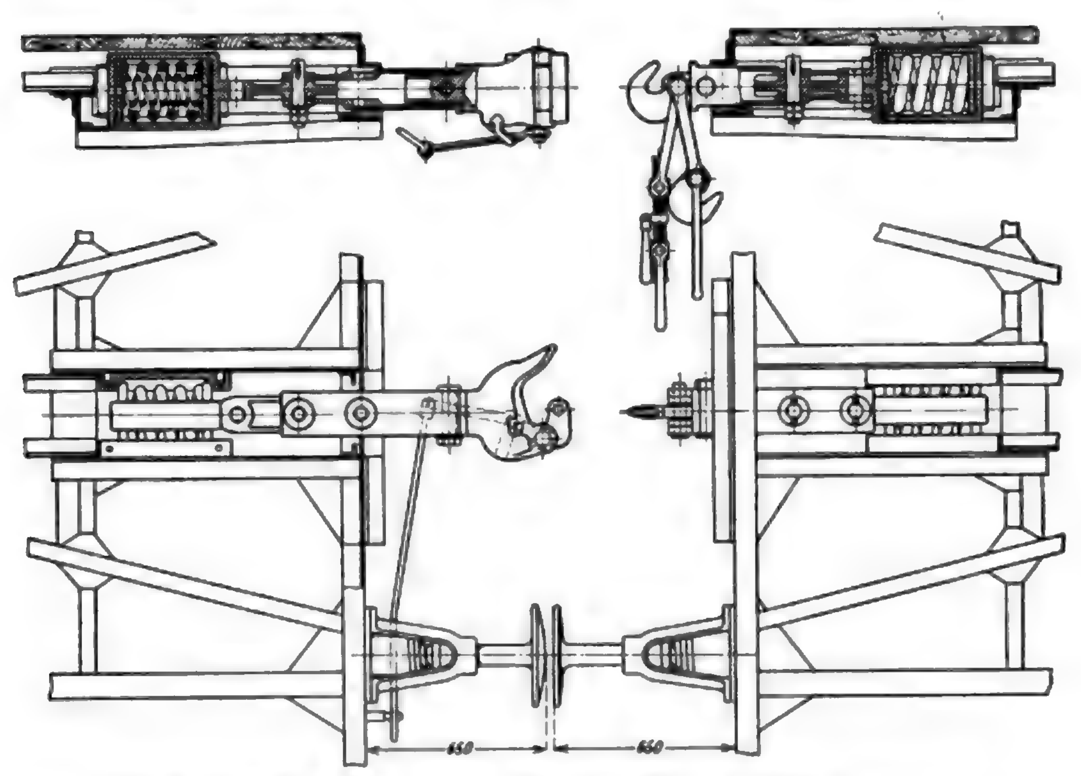


Abb. 43. Bayerische Übergangskuppelung für die Lage beider Kuppelungen in Zughakenhöhe.

die damaligen Beanspruchungen genügend war, klar zutage treten, so sind die Amerikaner daran, durch allmähliche Vergrößerung der Aus- und Einbuchtung ihrer Eingriffslinie dieselbe ebenfalls hakenförmig zu gestalten. (Siehe Abb. 19.)

Die Bayerischen Staatsbahnen bildeten ihren für die Tieflage in Abb. 37 dargestellten Entwurf nach Abb. 43 für die Zughakenhöhe aus. Die Niederländer haben die Übergangsvorrichtung in der in Abb. 44 ersichtlichen Weise sehr geschickt dadurch ermöglicht, daß der Kuppelkopf nach unten umgelegt wird, wenn die Spindelkuppelung benutzt werden soll, (Bauart von W. S. Laycock in Sheffield). Das Hochdrehen der Spindelkuppelung, welches bei der Gebrauchsstellung des selbsttätigen Kuppelkopfes erforderlich ist, dürfte jedoch bei Kippwagen und auch bei anderen Güterwagen zu Schwierigkeiten führen, wenn Geschütze im Mobilmachungsfalle von

einem Wagen über die Kuppelung hinweg zum anderen Wagen fahren sollen. Die in Abb. 44 dargestellte Bauart Laycock der Übergangskuppelung ist in England in großem Maßstabe erprobt und für die dortigen Verhältnisse als brauchbar befunden worden, da weder Rücksichten auf den Mobilmachungsfall noch auf die auf dem Festlande zur Spindelkuppelung gehörige Notkkuppelung zu nehmen waren. Bei der Great Northern- und North Eastern-Bahn, sowie auf den Nordbritischen Bahnen hat sich die Bauart sowohl für Güter- wie für Personenzüge (D-Wagen) aufs beste bewährt, so daß nach dem Bulletin des internationalen Eisenbahn-Kongresses vom Oktober 1907 die allgemeine Einführung der selbsttätigen Kuppelung in England nahe bevorsteht.

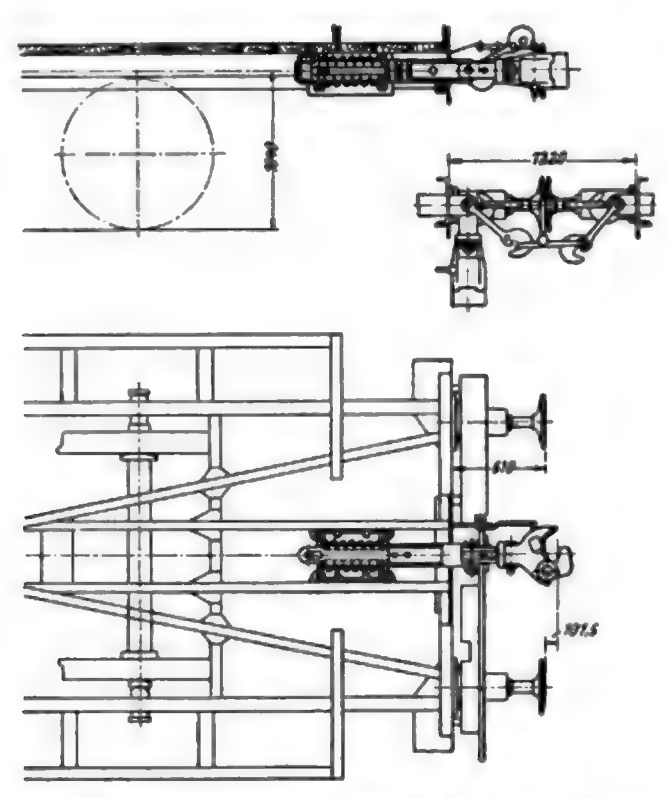


Abb. 44. Übergangskuppelung von W. S. Laycock, erprobt in England und in den Niederlanden.

Die Österreichische Südbahn hat die beiden Bauarten des Schwenkkopfes und des abnehmbaren Kopfes verbunden (Abb. 45 u. 46), indem sie den Drehpunkt der Schwenkbewegung weiter in das Untergestell legte und durch die Abnahme des Kuppelkopfes nach dem Ausschwenken desselben den vorgeschriebenen freien Raum für die Bedienung der Spindelkuppelung gewann.

Die Russen haben auf der Moskau-Kasan-Bahn die in Abb. 47 dargestellte Übergangsvorrichtung eingeführt.

Ungeachtet der schlechten Erfahrungen, welche die Amerikaner mit dieser Form des Übergangs gemacht haben und welche auf Seite 505 dargestellt wurden, ist hier die Kette der Spindelkuppelung in eine wagerechte Aussparung der Kuppelklaue gelegt und durch einen senkrechten

Bolzen festgehalten. Nachteilig ist, daß, abgesehen von den Notketten, auf eine mehrfache Sicherheit für den Fall des Bruches der einen Spindel

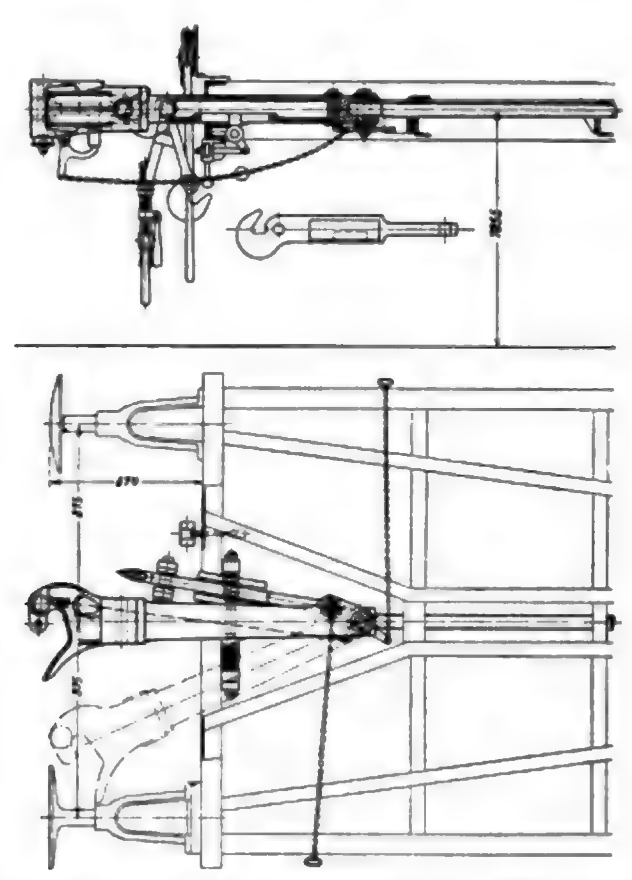


Abb. 45. Übergangskuppelung der Österreichischen Südbahn für die Lage beider Kuppelungen in Zughakenhöhe.

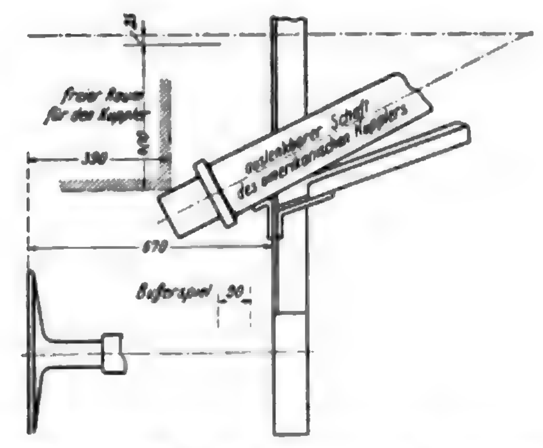


Abb. 46. Übergangskuppelung der Österreichischen Südbahn für die Lage beider Kuppelungen in Zughakenhöhe. (Einzelzeichnung.)

verzichtet wurde und der mit dem amerikanischen Kuppelkopf versehene Wagen überhaupt keinen Zughaken trägt. Nachteilig ist ferner die nur einseitige Anordnung der Auslösevorrichtung.

Sollen zwei Wagen mit amerikanischem Kuppelkopf verbunden werden, so sind vorher die Seitenpuffer zurückzuziehen. Dies geschieht neuerdings durch die in Abb. 48 gezeichnete Vorrichtung, bei welcher das Widerlager der Pufferfeder als Schieber ausgebildet ist und durch einen Hand-

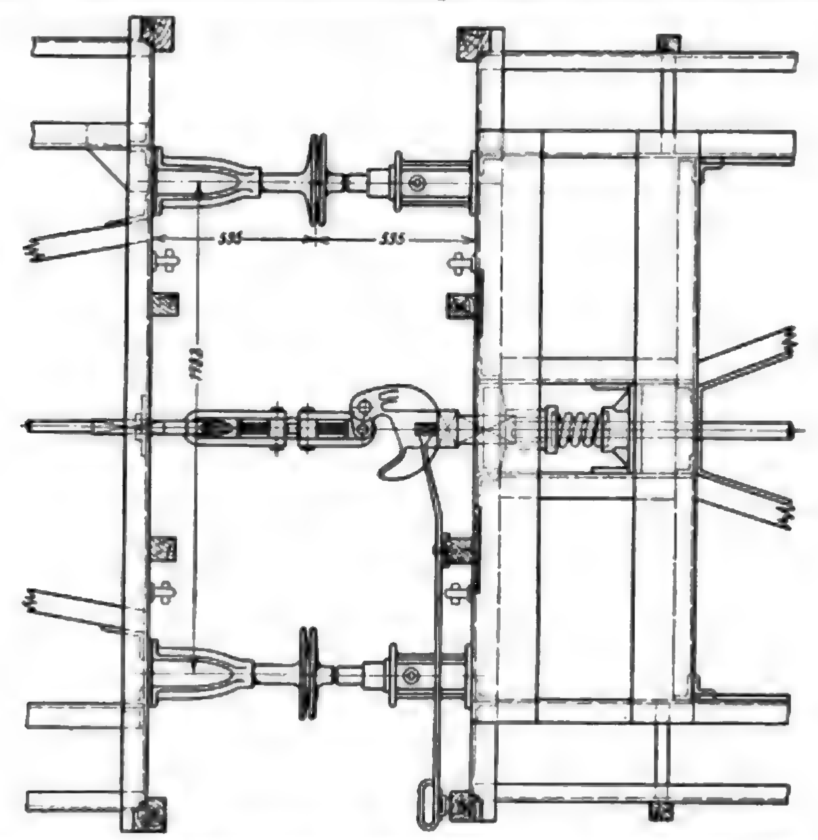


Abb. 47. Übergangskuppelung der Moskau-Kasan-Bahn für die Lage beider Kuppelungen in Zughakenhöhe.

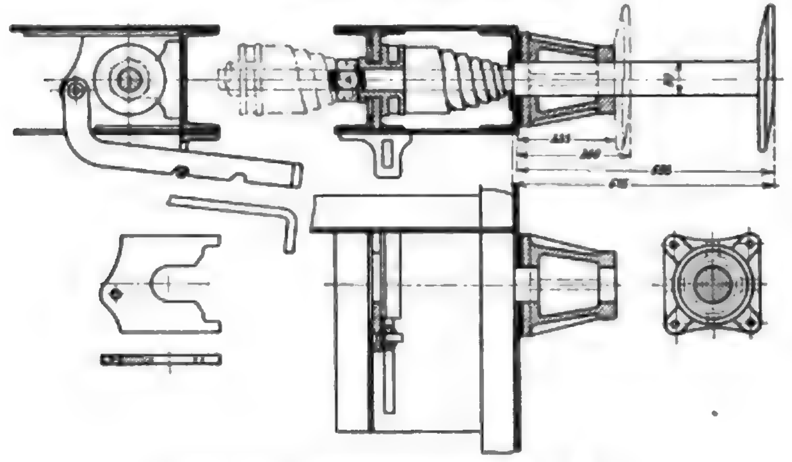


Abb. 48. Einzelzeichnung zu Abb. 47.

griff seitlich fortgeschoben werden kann, so daß dann der Pufferteller bis an die Pufferkörbe zurücktreten kann. Diese Verkürzung der Puffer ist für die jetzt vorhandenen Wagen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen schon deshalb ganz unmöglich, weil die oberhalb der Puffer liegenden Bremserhäuser zusammenstoßen würden.

Bei den preußischen Bahnen wurde noch folgende in Abb. 49 dargestellte Bauart zur Prüfung zugelassen:

Der Zughaken der Spindelkuppelung dient als Aufhängung für eine Verbindungsvorrichtung, welche auf der einen Seite der Wagenmittellinie *M M* in einem langen Haken *a* ausläuft, während sich auf der anderen Seite eine trompetenförmige Auffangevorrichtung *bb* für den entsprechenden Haken des anderen Wagens befindet. Nähern sich beide Wagen, so stößt die schiefe Ebene an der Spitze der Haken gegen einen senkrecht beweglichen Riegel *c*, wirft ihn in die Höhe, gleitet weiter, bis der Riegel

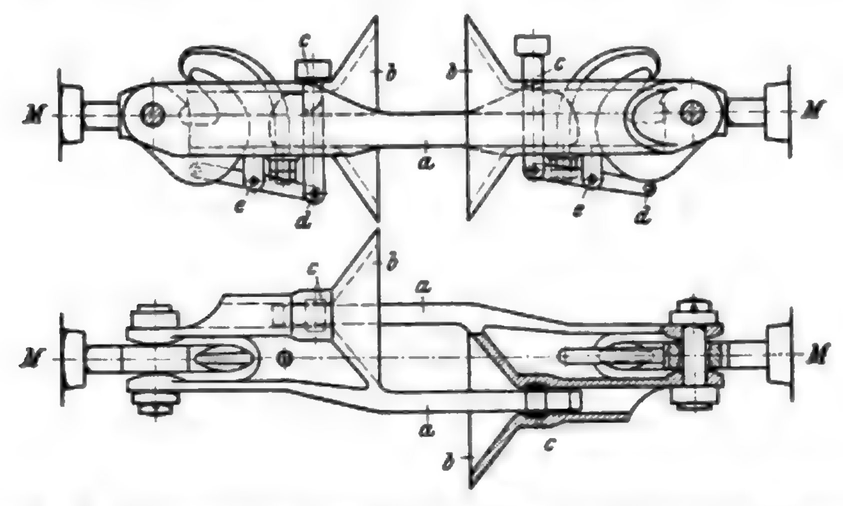


Abb. 49. Übergangskuppelung der Kgl. Eisenbahndirektion Saarbrücken für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe.

hinter den Haken in seine alte Lage zurückfallen kann und so eine Sperrung eingetreten ist. Die Lösung erfolgt von der Wagenseite durch Umwerfen eines Sperrgewichtes, durch welches die Hebel *d* um die Punkte *e* gedreht werden und die Riegel *c* heben, so daß die Haken *a* wieder aus der Trompete *b* heraustreten können. Der Handgriff der Lösung muß an beiden Wagen gemacht werden. Die seitlichen Puffer können niemals entfernt werden, ihre Länge kann nur wenig verringert werden.

Abb. 50. Ineinanderfahren der Wagenkasten.

Von den Versuchen zur Einführung der selbsttätigen Kuppelung bei Güterwagen fast völlig getrennt verlaufen die Versuche, eine für Personenwagen verwendbare selbsttätige Kuppelung zu finden.

Abgesehen von den für Güterwagen erstrebten Vorteilen der selbsttätigen Kuppelung treten hier noch folgende zwei Forderungen auf, welche die vorgeschlagenen neuen Bauarten zu erfüllen haben. Erstens wird gefordert, daß ein Wagen mit der starken selbsttätigen Kuppelung ruhiger läuft wie ein nur durch eine angespannte Kette mit dem Nebenwagen verbundener Wagen. Zweitens will man für den Fall von Zugzusammenstößen das gefährliche Ineinanderfahren der Wagenkasten nach oben vermeiden (vgl. Abb. 50).

Die für den Reisenden unangenehmste Bewegung eines unruhig laufenden Wagens ist das seitliche taktmäßige Schütteln. Wenn auch diese Erscheinung gründlich nur durch den richtigen Bau des Wagenkastens und seiner Federung vermieden werden kann, wie Verfasser in den Annalen für Gewerbe und Bauwesen im Juniheft 1906 gezeigt hat, so läßt sie sich wohl vermindern dadurch, daß man den Widerstand gegen das Ausschwingen des Wagenkastens dadurch vergrößert, daß man ihn mit dem vor und hinter ihm laufenden Wagen seitlich widerstandsfähig verbindet und diese dadurch zwingt, die Bewegungen des fraglichen Wagens mitzumachen. Es ist klar, daß bei gleichen seitlich wirkenden Kräften das Pendeln der Wagen um so geringer ist, je mehr die Massen zweier fest gekuppelter Wagen als eine einzige Masse wirken und Widerstand leisten können, d. h. bei möglichst geringem Wagenabstand. Gleichzeitig wirkt der möglichst geringe Wagenabstand wieder günstig gegen das Ineinanderfahren der Wagen bei Zugzusammenstößen, da bei gleicher Neigung gegen die Wagerechte und bei gleichem Gewicht zweier auf Nachbarwagen aufsteigender Wagen dasjenige Wagenuntergestell eine größere senkrechte Ordinate beim Auftreffen auf den Nachbarwagen hat, welches von ihm ursprünglich weiter entfernt war, so daß man also bei Wagen mit geringem Abstand eher voraussetzen kann, daß das Aufsteigen noch an dem widerstandsfähigen Untergestell des Nachbarwagens sein Ende finden wird, als bei Wagen mit ursprünglich großem Abstand, die in den höher liegenden Wagenkasten des Nachbarwagens ohne Widerstand eindringen können. Von diesen Gesichtspunkten aus wurde vom Verfasser die in Abb. 51 gezeichnete Übergangsvorrichtung für die preußischen Durchgangswagen entworfen. Die Puffer sind möglichst kurz gehalten. Um jedoch die nötige Spannung zwischen den Wagen zwecks Erzielung eines ruhigen Laufes zu erhalten, sind sie vor dem Eingriff der selbsttätigen Kup-

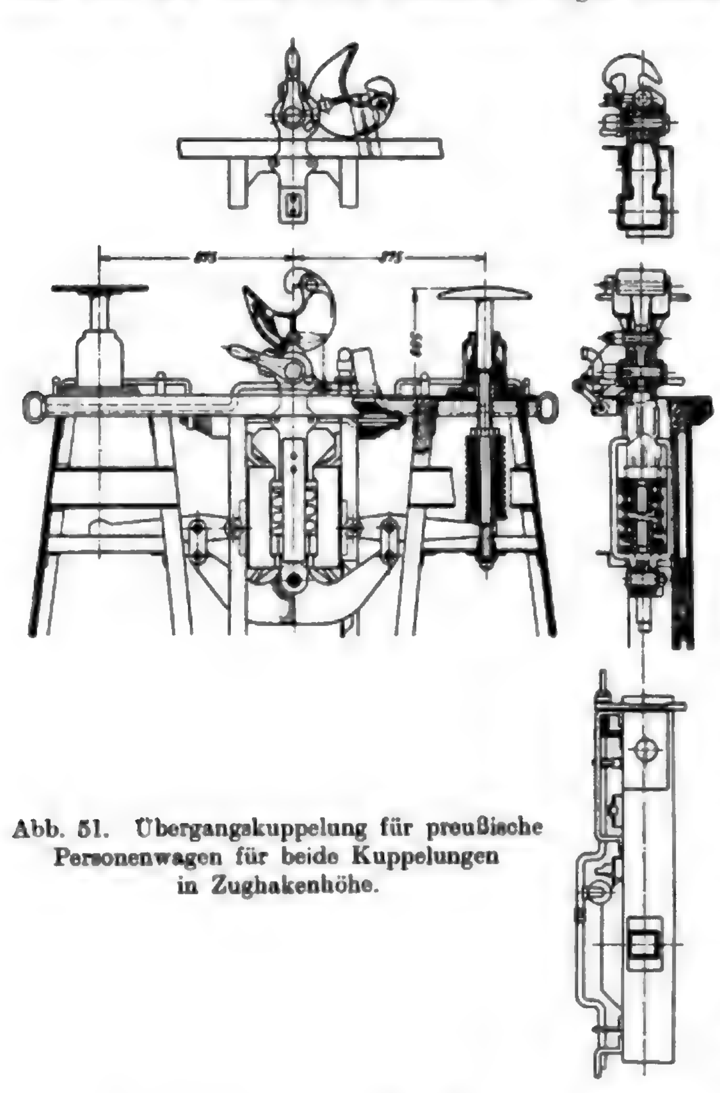


Abb. 51. Übergangskuppelung für preußische Personenwagen für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe.

Digitized by Google

pelung um 15 mm länger als nachher. Beim Anziehen der Maschine wird diese Spannung noch vergrößert, da die Puffer infolge der hinten am Federbügel angebrachten Hebelübersetzung ungefähr viermal soweit

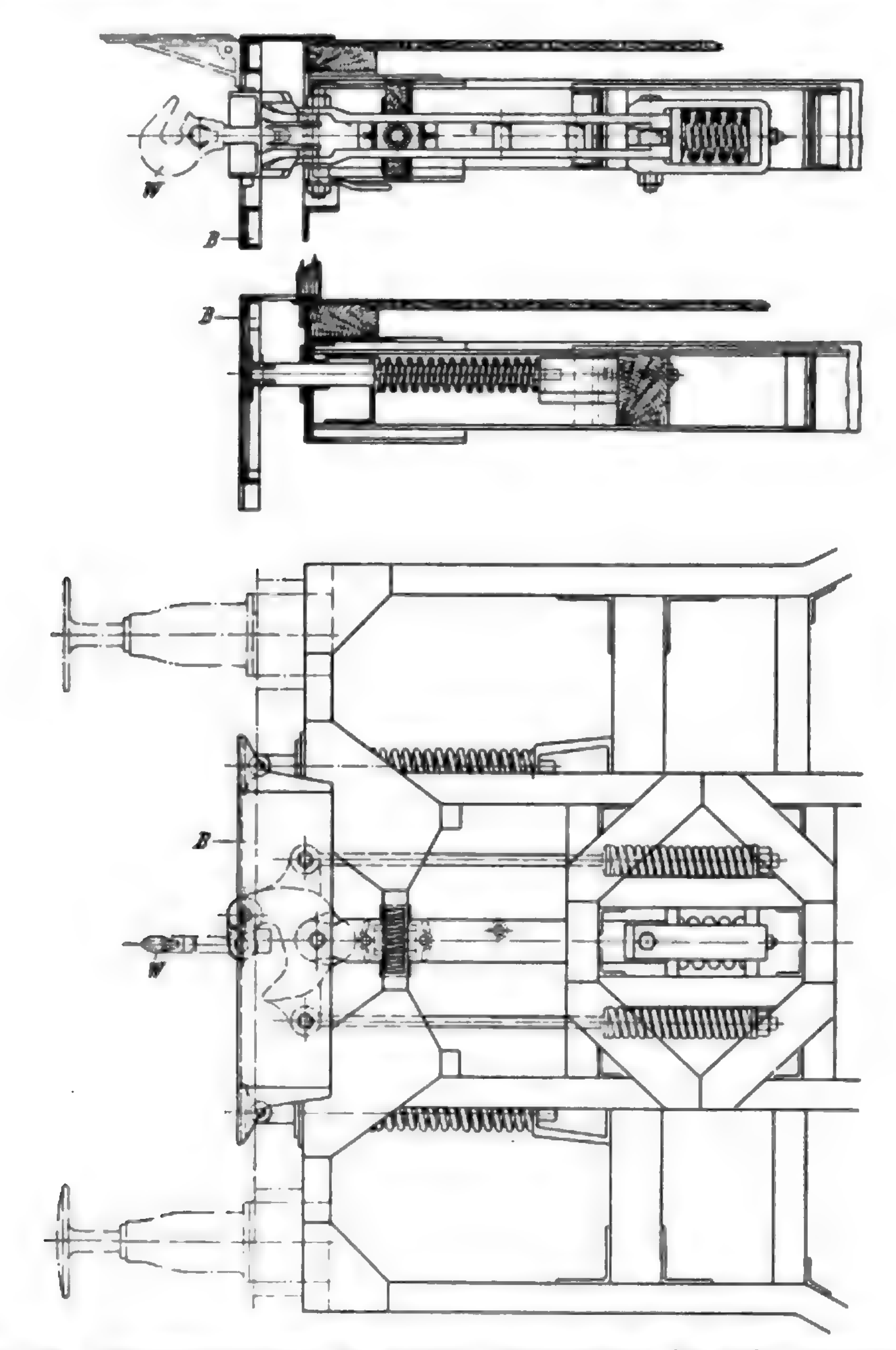


Abb. 52. Übergangskuppelung für russische Personenwagen für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe.

vorgezogen werden wie der Kuppelkopf. Beim Zurückdrücken teilt sich der Hebel hinter der Feder, so daß die seitlichen Puffer, ungestört von der Mittelfeder, wirksam sein können. Soll der Wagen mit einer nicht selbsttätigen Kuppelung verbunden werden, so wird nach Herausnahme des rechteckigen Sperrkeiles der Kuppelkopf auf die Seite gedreht

und festgestellt, wodurch der Zughaken zur Benutzung frei wird. Auf der Seite, auf welcher der Kuppler zum Kuppeln zwischen die Wagen tritt, ist der erforderliche Raum trotz der Verkürzung der Puffer gewahrt. Diese Bauart, durch welche bei den Versuchsfahrten ein ruhigerer Lauf erreicht wurde, ist aus dem Grunde wieder verlassen worden, weil die zwischen den Wagen befindlichen Türen in den Bahnkrümmungen zusammenstießen. Ein vom Verfasser vorgeschlagener Ersatz derselben durch senkrechte Jalousien wurde nicht ausgeführt. So sind die Puffer und der Schaft des Kuppelkopfes wieder verlängert worden und die Wagen laufen nicht ruhiger wie vor Anbringung der selbsttätigen Kuppelung.

Wohl am weitesten in der Vorsorge, das Ineinanderfahren der Wagen bei Zugzusammenstößen zu vermeiden, ging der leitende Ingenieur der Moskau-Kasan-Bahn, Herr G. Noltein, welcher die in Abb. 52 gezeichnete vorzügliche Bauart für die selbsttätige Kuppelung der Personenwagen vorschlug. Der Kuppelkopf ist im Wagenuntergestell so eingebaut, daß nur die Eingriffslinie vor die Pufferbohle vortritt. Über und unter dem Kuppelkopf verhindert noch der Rahmen B, welcher wagerecht gefedert die Spannung zwischen den Wagen herstellt, daß der Kuppelkopf des Nachbarwagens senkrecht nach oben austreten kann, so daß das Ineinanderfahren dieser Wagen fast unmöglich genannt werden muß. Der Verschluß der Übergangstüren geschieht durch wagerechte Jalousien.

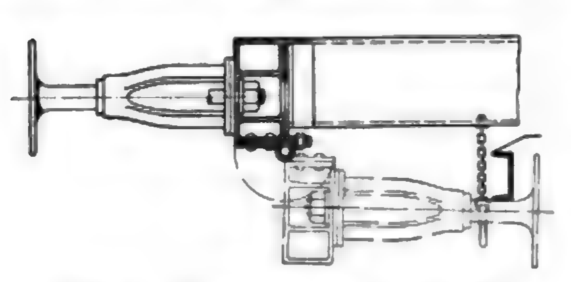


Abb. 53. Einzelzeichnung zu Abb. 52.

Soll das Kuppeln dieser Wagen mit der Schraubenkuppelung erfolgen, so werden die Seitenpuffer in einer vom Verfasser bereits im Jahre 1900 vorgeschlagenen aus Abb. 53 ersichtlichen Weise vorgeklappt und in der Klaue der selbsttätigen Kuppelung ein Zughaken *W* befestigt, dessen Befestigung allerdings für die selbsttätige Kuppelung andere früher geschilderte Nachteile hat und wohl besser durch eine Umsteck- oder Schwenkvorrichtung ersetzt würde.

Die Art und Weise des Übergangs von der nicht selbsttätigen zur selbsttätigen Kuppelung ist für Personenwagen nicht schwierig, da dieselben fast stets in geschlossenen Zügen laufen, die als ganze Gruppen nach und nach abgeändert werden können.

c) Vorteile der selbsttätigen Kuppelung.

Um die Brauchbarkeit der einzelnen Kuppelungsbauarten, welche eine Auswechselung der selbsttätigen und nicht selbsttätigen Kuppelung zulassen, nicht nur vom technischen, sondern auch vom allgemeinen Standpunkte aus beurteilen zu können, sollen die Vorteile, welche man durch die selbsttätige Kuppelung erzielen will, aufgezählt werden:

1. Größere Zugfestigkeit.
2. Hiermit verbunden die Herabminderung der Transportkosten infolge der Verwendungsmöglichkeit größerer Wagen und Lokomotiven.
3. Geringere Gefahr für die Kuppler.

4. Verminderung der Reparaturkosten der Kuppelungen.
5. Verkürzung der Wagenabstände.
6. Geringere Zuglänge.
7. Vergrößerung der Leistungsfähigkeit der Verschiebebahnhöfe.
8. Fortfall der Seitenpuffer und besseres Verhältnis der Nutzlast zur toten Last infolge Ersatzes der jetzigen dreifachen Kraftleitung für Zug- und Stoßkräfte in den Wagen durch die einfache.
9. Für Personenwagen noch die Verringerung der Gefahr des Ineinanderfahrens der Wagen bei Zusammenstößen und ruhigerer Lauf.

Von vornherein muß man sich darüber klar sein, daß nicht alle diese Vorteile auf einmal erreicht werden können, weil eine allgemeine gleichzeitige Einführung der selbsttätigen Kuppelung bei der Verschiedenheit der Geldverhältnisse der einzelnen Bahnen Europas nicht möglich ist. Es muß daher jede einzelne Bahnverwaltung damit rechnen, für eine kürzere oder längere Reihe von Jahren die selbsttätige Kuppelung an ihren Fahrzeugen auf den eigenen Strecken in Benutzung zu haben, diese Kuppelung aber wieder entfernen und durch die alte ersetzen zu müssen, sobald ihre Wagen auf die Nachbarbahnen übergehen. Die Nachbarbahnen haben aber dann noch Wagen mit Überbauten (Bremserhaus usw.) und die Bedienung ihrer alten Spindelkuppelung verlangt den durch die jetzigen doppelten Pufferlängen gekennzeichneten freien Raum zwischen den Wagen, daher muß für die Zeit bis zur Einführung der selbsttätigen Kuppelung auf sämtlichen Nachbarbahnen die Beibehaltung der jetzigen Seitenpuffer und ihrer Länge gefordert werden, damit keine oder nur eine geringe Behinderung für das Kupplerpersonal beim Einhängen der Spindelkuppelung entsteht, und damit die eigenen Wagen zwischen fremden Wagen mit Spindelkuppelung ohne Schaden laufen können.

Wollte man die Puffer der eigenen Wagen kürzen, so hätten die Kuppler nur die Hälfte des ihnen jetzt gewährten Raumes, so daß eine Vermehrung der Unglücksfälle unausbleiblich eintreten würde.

Mit dieser Übergangszeit nicht zusammenhängend muß dann später, wenn die selbsttätige Kuppelung auf allen Nachbahrbahnen eingeführt ist, eine allmähliche Verkürzung des Wagenabstandes durch Verkürzung der freitragenden Länge des Kuppelkopfes und Fortfall der Seitenpuffer erstrebt werden. Dies ist jedoch erst angängig, wenn an sämtlichen Wagen der eigenen und der benachbarten Verwaltungen die Überbauten entfernt sind. Dann erst können die unter Nr. 8 genannten Vorteile, Verkürzung der Zuglänge und besseres Verhältnis der Nutzlast zur toten Last, ganz erreicht werden.

Da die Seitenpuffer also später fortfallen, so hat es gar keinen Zweck, Verkürzung der Seitenpuffer vorzusehen, denn niemand wird nach Einführung der selbsttätigen Kuppelung, welche ja eine Stoßvorrichtung in der Wagenmittellinie besitzt, wieder daran denken, die Stöße an der von dieser Linie entferntesten Stelle, wo jetzt die Seitenpuffer sitzen, auffangen zu wollen. Große Kräfte müssen immer möglichst direkt, nicht auf Umwegen aufgefangen werden.

d) Art und Weise des Überganges.

Der Übergang von der nicht selbsttätigen zur selbsttätigen Kuppelung würde sich hiernach für die von den meisten Verwaltungen

geplante Übergangsvorrichtung mit Umsteckkopf in folgender Weise vollziehen. Bei großen Verwaltungen kann, wie später gezeigt werden wird, der Übergang nach Verwaltungsbezirken getrennt ausgeführt werden.

In den ersten Jahren, deren Zahl je nach den zur Verfügung stehenden Geldmitteln größer oder kleiner sein kann, werden die Güterwagen nach der Zeit des im Herbst eintretenden Wagenmangels den Wagenbauanstalten zugeführt, welche die Zugvorrichtung für die selbsttätige Kuppelung nach Abb. 54, rechtes Wagenende, einzubauen haben. Die Wagen, deren Ausmusterung für die nächsten Jahre zu erwarten steht, sind hiervon ausgenommen. Die Inanspruchnahme der bahneigenen Reparaturwerkstätten ist nur in geringem Maße in Aussicht zu nehmen, da dieselben für die laufenden Arbeiten frei bleiben müssen. Die nach Abb. 54 (rechtes Wagenende) ausgerüsteten Wagen laufen mit den übrigen Wagen ungehindert und müssen für den nächsten Zeitraum des Wagenmangels voll-

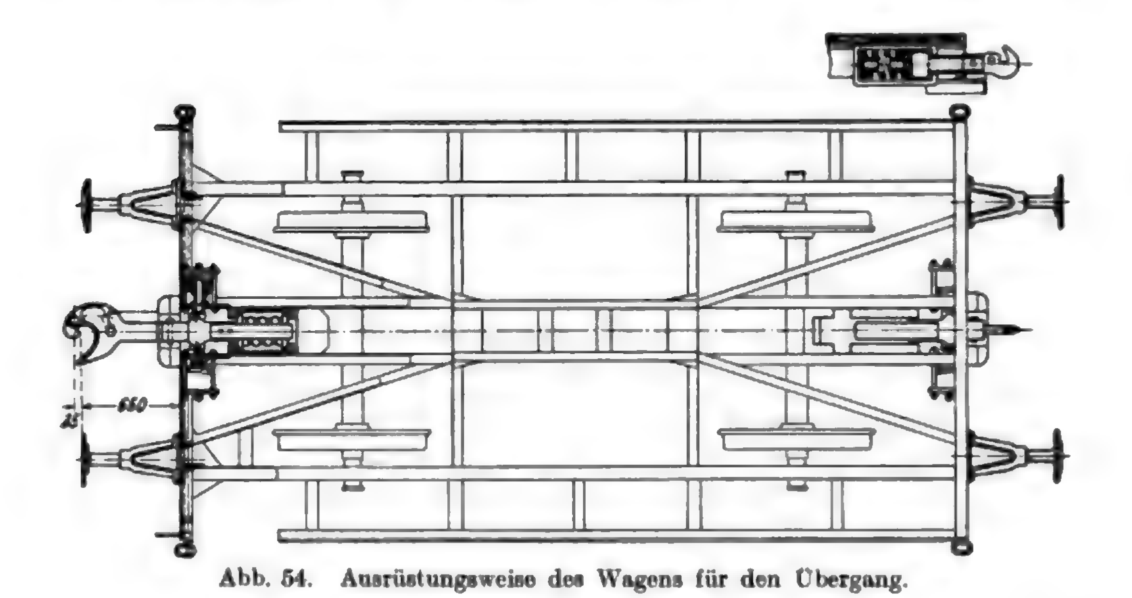


Abb. 54. Ausrüstungsweise des Wagens für den Übergang.

zählig zur Verfügung stehen. Sind von den Stahlwerken die für Abb. 54 (rechtes Wagenende) erforderlichen Gußstücke vollzählig geliefert, so werden die Köpfe selbst in Bestellung gegeben, welche gleich bei den eigenen Werkstätten anzuliefern sind, welche für die demnächstige Aufhängung der Köpfe am Untergestell nach Abb. 26 in Frage kommen. Diese Werstätten haben die Aufhängung während des letzten Jahres vor dem für die Auswechselung der Köpfe gegen den Zughaken in Aussicht genommenen Zeitpunkt an allen Wagen auszuführen und gleichzeitig die Herausnehmbarkeit der vielleicht eingerosteten Zughaken wieder herzustellen. Letzteres hat auch bei jedem anderen im letzten Jahre bei den Werkstätten einlaufenden Wagen zu geschehen. Naht nunmehr der oben genannte Zeitpunkt für die Auswechselung heran, so werden die Bahnhöfe bestimmt, auf welchen dieselbe stattfinden soll. Selbstverständlich werden für die Auswechselung solche Tage genommen, an welchen der Güterverkehr fast ruht, also z. B. die drei Oster- oder Pfingsttage. An diesen werden die auf jenen Bahnhöfen vorhandenen Züge auseinandergezogen, um zwischen je zwei Wagen ungefähr 1 m Platz für die Auswechselungs-

Digitized by Google

arbeiten zu haben. Die erforderlichen Werkstattarbeiter, welche die Auswechselung vornehmen sollen, werden rechtzeitig herbeigeschafft.

Nach den Feststellungen der Badischen Staatsbahnen (siehe Sitzungsbericht des Technischen Ausschusses zu Nr. XXII der Tagesordnung für die Versammlung d. V. D. E. V. v. 1. 9. 04 in Danzig) können 1330 Arbeiter in 20 Arbeitsstunden, also in zwei Tagen an rund 13300 Wagen diese Auswechselung ausführen. Für die preußischen rund 300000 Wagen wären demnach z. B. 30000 Arbeiter für zwei Tage nötig. Diese Arbeiterzahl (Schlosser und Hilfsarbeiter) kann von den preußischen Eisenbahn-Hauptwerkstätten allein ohne Zuhilfenahme der Kräfte der Betriebswerkstätten gestellt werden, da im Ganzen etwa 61000 Werkstattarbeiter vorhanden sind, und ist anzunehmen, daß die für die betreffenden Wagen erforderliche Arbeiterzahl auch von den übrigen Bahnen gestellt werden kann, da die Kräfte für die gewöhnlichen Wagenausbesserungen ja überall vorhanden und während der Feiertage verwendungsbereit sein müssen.

Die Sicherheit dieser Berechnung beruht auf folgender Überlegung. Die Angabe der Badischen Staatsbahn beruht bereits auf doppelter Sicherheit, da sie für die Umwandlung eines Wagens durch vier Mann $^1/_2$ statt der in Wirklichkeit erforderlichen $^1/_4$ Stunde gerechnet hat. In dieser Arbeit ist die Abnahme der Puffer mitenthalten, die bei der vorstehenden Arbeit nicht erforderlich ist. Die in den Werkstätten und im Auslande befindlichen Wagen sind mitgerechnet. Schließlich ist der dritte Feiertag für diejenigen Wagen noch verfügbar, die an den zwei Tagen sollten übersehen worden sein. Als Kontrolle der Rechnung dient die Feststellung des Verfassers, daß die nötige Arbeit ohne Abnahme der Puffer an einem Wagen bei der Firma Krupp A.-G. von drei Mann in vier Minuten ausgeführt wurde, wonach also von 3000 geübten Arbeitern 300000 Wagen in 20 Stunden ausgerüstet werden könnten.

Nachdem nun die Auswechselung an allen eigenen Wagen vorgenommen ist, welche sich auf den eigenen Strecken befinden, müssen die Übergangsstationen gegen die Nachbarbahnen mit vermehrtem Arbeiterpersonal versehen werden, welches an allen eigenen auf die Nachbarbahnen übergehenden Wagen die selbsttätige Kuppelung zu entfernen und den Zughaken der Spindelkuppelung wieder einzustecken hat. Alle eigenen von den Nachbarbahnen in das eigene Gebiet kommenden Wagen müssen von diesem Personal umgekehrt wieder mit selbsttätiger Kuppelung ausgerüstet werden. Da dies Personal schließlich sehr geübt in diesen Arbeiten werden wird, so kann man annehmen, daß die bei den badischen Werkstätten-Versuchen durchschnittlich erreichte Umänderungszeit von 15 Minuten für jeden Wagen auch in diesem Falle genügen wird, da sich bei den Versuchen der Firma Krupp, wie oben erwähnt, für drei Mann durchschnittlich sogar nur vier Minuten ergaben. Hierdurch würde aber eine nennenswerte Verzögerung für den Grenzverkehr nicht entstehen, da die ohnehin erforderlichen und gleichzeitig möglichen Untersuchungen jedes übergehenden Wagens auf Lauffähigkeit, Radstand, Raddruck und Lademaß einen ähnlich großen Zeitaufwand erfordern. Falls die Nachbarbahn eine russische ist, kommt eine Verzögerung und eine Auswechselung gar nicht in Frage, da der Spurweite wegen kein Übergang stattfinden kann, sondern ein Umladen erforderlich ist.

Durch Aufwendung der Kosten für dies vermehrte Arbeiterpersonal auf

Ergebnis der Wagenzählung vom 28. Oktober 1903 (Mittwoch):

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Betriebsinspektor in	Badische, Elsässische, Pfälzische, Württemberg., Bayerische, Hessische, Preußische usw.		Österreichische, Schweizerische, Italienische, Belgische, Niederländische usw.		Französische Wagen		Summe der Güterwagen	Betriebswerkstätte	Anzahl der Schlosser	Ab- oder zukommandiert (370 Schlosser von der Hauptwerkstätte)	Summe der Schlosser	Zeit zur Umwandelung, wenn 4 Mann für 1 Wagen ½ Stunde (beim Versuch i. d. Hauptwerkstätte einschließlich Puffer 15 Minuten) brauchen
	Güterwagen	Personenwagen	Güterwagen	Personenwagen	Güterwagen	Personenwagen						Stunden
Lauda	422	44	5	—	1	—	428	Lauda	60	— 20 nach Heidelberg	40	21·4
Eberbach	389	66	13	—	2	—	404					
Heidelberg	821	155	21	—	2	—	844	Heidelberg	100	+ 20 von Lauda	120	20·8
Mannheim	3132	277	38	—	2	—	3172	Mannheim	200	+ 120 v. d. Hauptwerkstätte	320	20
Bruchsal	555	53	26	1	1	—	582					
Karlsruhe	2564	461	85	—	7	—	2656	Karlsruhe	200	+ 150 v. d. Hauptwerkstätte	350	20
Baden	50	67	1	—	9	—	160					
Offenburg	1374	175	63	2	3	—	1440	Offenburg	120	+ 30 v. d. Hauptwerkstätte	150	19·4
Freiburg	767	204	20	1	10	—	797	Freiburg	90	— 10 nach Basel	80	20
Basel	840	170	96	—	1	—	937	Basel	80	+ 10 von Freiburg	90	21
Waldshut	483	32	80	—	4	—	567					
Konstanz	719	144	118	5	6	—	843	Konstanz	70	+ 70 v. d. Hauptwerkstätte	140	20
Villingen	579	53	45	—	—	—	424	Villingen	60	—	60	21
Hauptwerkstätte	155	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
							13354		980 +370	+ 370		
									1350		1350	
Summe	12850	1939	611	9	48	—						

Summe der deutschen, österr. usw. Güterwagen: 13461

Summe aller Güterwagen: 13509

Summe aller Wagen: 15457.

den Übergangsstationen kann also erreicht werden, daß auf den eigenen Strecken von obigem Zeitpunkt an sämtliche eigenen Wagen mit selbsttätiger Kuppelung laufen. Zu untersuchen ist noch die Behandlung der fremden Wagen auf den eigenen Strecken. Aus der nebenstehend abgedruckten Wagenzählung der badischen Staatsbahn ist zu ersehen, daß auf hundert laufende Güterwagen ungefähr fünf nichtdeutsche Wagen kommen. In den Grenzbezirken ist dieser Prozentsatz größer, in der Verkehrs-Inspektion Breslau z. B. 10 v. H., im Norden dagegen bedeutend kleiner. Da die Durchschnittsstärke eines Eisenbahnzuges 60 bis 70 Achsen beträgt, so ist also damit zu rechnen, daß ungünstigstenfalls, wenn nämlich sämtliche fremden Wagen einzeln mit anderem Zielpunkt über die Grenze kommen, jeder Güterzug 1 bis 2 fremde Wagen enthält, welche keine selbsttätige Kuppelung besitzen und einzeln behandelt werden müssen. Jetzt zeigt sich der Vorteil der beibehaltenen Puffer und Pufferlänge darin, daß eine Beschädigung dieser Wagen, welche ja noch Überbauten haben, beim Zusammenstoß mit eigenen Wagen nicht stattfinden kann, und darin, daß das Kupplerpersonal ungehindert die alten Kuppelungen bedienen kann. Doch ein Nachteil liegt darin, daß ein Kuppeln dieser fremden Wagen mit den eigenen nur möglich ist, nachdem am eigenen Nachbarwagen die selbsttätige Kuppelung entfernt und der am Seitenträger hängende Zugbaken wieder eingesetzt ist. Diese Umänderung läßt sich nun dadurch weniger störend machen, daß auf der Grenzstation, auf welcher der fremde Wagen auf das eigene Gebiet übergegangen ist, derselbe vorn und hinten mit einem eigenen Wagen mit gleichem Ziel gekuppelt wird und so mit ihnen ohne weiteres als Wagengruppe auf allen eigenen Strecken befördert werden kann. Dieser eigene Wagen ist gewissermaßen die Übergangsvorrichtung des fremden Wagens, die, wenn die Tragfähigkeit des eigenen Wagens nicht ausgenutzt werden kann, sehr teuer ist. Vorteilhaft ist es aber, daß man zu diesem Mittel nur bei fremden Wagen auf den eigenen Strecken zu greifen braucht, während andere Übergangsarten, wie sie später beschrieben werden sollen, diese Begleit- oder Verbindungswagen auch für eigene Wagen auf fremden Strecken nötig haben. Doch ist hier eine Quelle für Verzögerungen auf den Verschiebebahnhöfen vorhanden, und es wäre gut, wenn durch Versuche festgestellt würde, ob diese Verzögerung ausreicht, um den großen Vorteil, der in der Abfertigung der Züge infolge des Wegfalls des Verkuppelns der Wagen von Hand eintritt, wesentlich zu vermindern. Hier ist das Feld, wo die Versuche der Bahnverwaltungen einzusetzen haben, die später besprochen werden sollen.

Nehmen wir nun an, diese 5 v. H. fremder Wagen ließen sich ohne wesentliche Verkehrsbehinderung befördern, so haben wir bereits folgende Vorteile von der Einführung der selbsttätigen Kuppelung ohne Verkürzung der Wagenabstände zu verzeichnen: Größere Zugfestigkeit der Kuppelung und hiermit die Möglichkeit, schwerere Züge mit schwereren Lokomotiven zu fahren; Verringerung der Gefahren infolge des Fortfalls der Notwendigkeit für die Kupplermannschaft, zwischen die eigenen Wagen treten zu müssen; Verminderung der Reparaturkosten auf ungefähr ein Drittel der bisherigen. Nicht ganz sicher ist zu rechnen auf die Vergrößerung der Leistungsfähigkeit der Verschiebebahnhöfe, doch würden die Verminderung der Beförderungskosten infolge der Verwendung schwererer Wagen und Loko-

motinen bereits zur Erscheinung kommen, wenn auch nicht in dem vollen Umfang, der nach Fortfall der Seitenpuffer durch Verkürzung der Wagenabstände sich ergibt. Die Zuglänge wird aber geringer, da dieselben Lasten auf weniger Wagen wie früher befördert werden können. Bei Verwendung von 20 t-Wagen ergibt sich für dieselbe Leistung eine Verkürzung der Züge gegenüber der Verwendung von 10 t-Wagen von 1:1·6.

Nicht erreichbar bleiben jetzt noch die Vorteile, welche durch Fortfall der Puffer und Verkürzung der Wagenabstände entstehen, indem erst hierdurch der größte Wert für das Verhältnis der Nutzlast zur toten Last (Ersatz der dreifachen durch die einfache Kraftleitung in den Wagen) und eine noch größere Verkürzung der Züge erzielt werden kann, so daß Wagen mit Fortfall der Seitenträger, wie in Abb. 17 und 18 gezeichnet, gebaut werden können.

Diese letzten Vorteile können erst dann eintreten, wenn sämtliche Nachbarbahnen die selbsttätige Kuppelung eingeführt und die Vorbauten der Wagen entfernt haben. Der Fortfall der Seitenpuffer kann dann entweder gleichzeitig mit den Nachbarbahnen oder nacheinander erfolgen, denn sie sind überflüssig, und die Zurücksetzung der selbttätigen Kuppelköpfe auf ein durch Übereinkommen mit den Nachbarverwaltungen festzusetzendes Maß kann ebenfalls entweder gleichzeitig oder nacheinander geschehen. Dies liegt dann völlig in der Hand der einzelnen Verwaltung, da eine Schädigung der Wagen der anderen Verwaltung unmöglich ist.

e) Allgemeine Beurteilung des Wertes der vorliegenden Bauarten für Übergangskuppelungen.

Wenn man die Übergangskuppelungen, welche auf den Seiten 508 bis 526 geschildert sind, von den eben gekennzeichneten Gesichtspunkten betrachtet, so ergibt sich, daß manche Bauarten derselben zu verwickelt sind, weil sie zu viele Vorteile auf einmal erreichen wollen, manche dagegen auf unbedingt nötige Forderungen keine Rücksicht nehmen.

Betrachten wir die in Abb. 47 auf Seite 522 dargestellte russische Vorrichtung. Dieselbe zeigt den Nachteil, daß auf eine dauerhafte Verbindung der Wagen, welche die selbsttätige Kuppelung erhalten haben, mit anderen Wagen nicht Rücksicht genommen ist. Die Kuppelklaue, der am meisten beanspruchte Teil der selbsttätigen Kuppelung, ist durch eine senkrechte Bohrung geschwächt und zeigt infolgedessen alle Nachteile, welche sich beim Übergang von der link and pin-Kuppelung zur selbsttätigen Kuppelung in Amerika gezeigt haben und welche auf Seite 505, Abb. 21, beschrieben sind. Dieselben müssen bei längerem Betriebe hier ebenso eintreten wie in Amerika. Soll das Ausbrechen der schwachen Wandungen der Kuppelklaue aber durch Verringerung des Bolzendurchmessers verhütet werden, so würde, wie Versuche gezeigt haben, ein Durchbiegen des Bolzens erfolgen, sobald eine starke plötzliche Zugbeanspruchung in der Verbindungskette mit dem anderen Wagen eintritt. Der verbogene Bolzen kann dann nicht aus seiner Lage gebracht werden und die Kuppelung beider Wagen kann nicht mehr ohne Gewaltmittel gelöst werden. Zu diesem Übelstand tritt noch der hinzu, daß ein Anspannen der Puffer nur dann möglich ist, wenn die Spindelkuppelung des anderen Wagens völlig bis zum letzten Spindelgang gangbar ist. Dies könnte ja auf der eigenen Bahn durch sorgfältige Instandhaltung der Spindeln er-

Digitized by Google

reicht werden, doch kann man die Nachbarbahnen, auf welche der Wagen doch übergehen soll, nicht dazu zwingen. Ebensowenig würde man zur Umgehung dieses Fehlers eine Verlängerung der Puffer von denselben erlangen können, da die Zuglänge vergrößert werden würde.

Die russische Vorrichtung zum Zurücksetzen der Puffer (Abb. 48) ist beim Lauf der Wagen auf den eigenen Strecken zwar benutzbar, wenn Wagen ohne Vorbauten zusammenkommen, jedoch sehr gefährlich, da die Kuppler häufig nicht wissen können, ob ein Wagen mit kurzen oder langen Puffern auf sie zukommt und dann bei einem Irrtum zermalmt werden könnten. Es ist daher diese Vorrichtung für den Lauf der Wagen auf den eigenen Strecken nicht zu empfehlen. Besser ist es, mit der Verkürzung der Puffer zu warten, bis alle Nachbarbahnen die selbsttätige Kuppelung

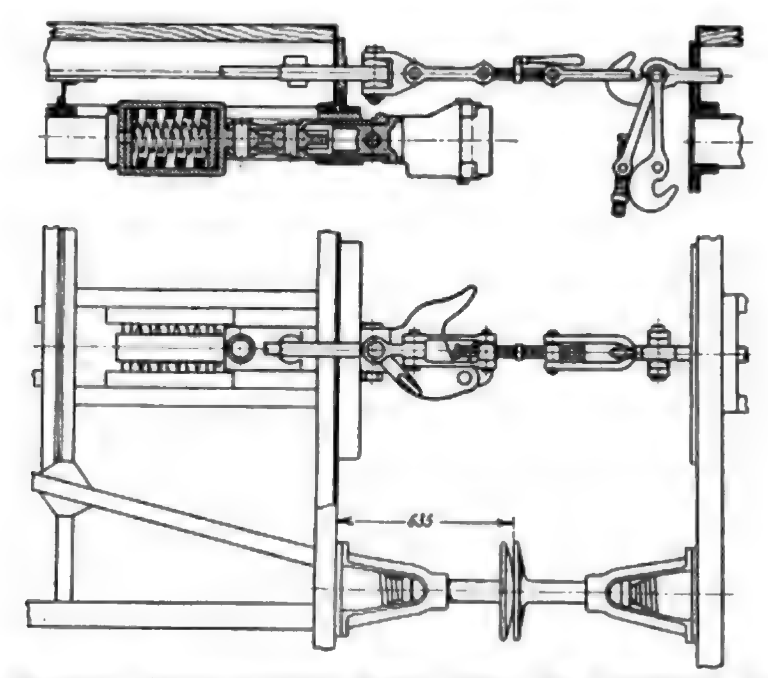


Abb. 55. Bayerische Übergangsketten für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung.

eingeführt haben und bis das Kupplerpersonal zwischen den Puffern nichts mehr zu tun hat, so daß Unglücksfälle durch die Verkürzung der Puffer ausgeschlossen sind.

Bei der Beurteilung der bayerischen Übergangskuppelung nach Abb. 37 und 43 ist zu berücksichtigen, daß für den Übergang folgende zwei Vorschläge gemacht worden sind.

Nach dem ersten Vorschlag sollen alle Wagen, gleichgültig, ob sie nun die selbsttätige Kuppelung unter dem Zughaken oder in Zughakenhöhe erhalten, nach und nach in den Werkstätten so vorbereitet werden, daß nur der Kuppelkopf aufzusetzen ist. Dieser Vorbereitungszustand wird auf 3 bis 6 Jahre angenommen. Während desselben können die Wagen ohne Behinderung auf eigenen und fremden Bahnen mit anderen Wagen laufen. Sind alle Wagen so vorbereitet, so folgt die Übergangszeit, während welcher die Zughaken der Wagen mit möglichster Beschleunigung, aber ohne Stillegung des Betriebes abgenommen und die Kuppelköpfe aufge-

Digitized by Google

setzt werden. Die Seitenpuffer verbleiben in ihrer alten Länge am Wagen. Diese Arbeit kann bei ihrer Einfachheit auf den Bahnhöfen vorgenommen werden. So hergerichtet müssen die Wagen noch besondere Vorrichtungen erhalten, um mit Wagen mit Spindelkuppelung verbunden werden zu können. Für den Fall der Lage des selbsttätigen Kuppelkopfes unter dem Zughaken erhalten sie die aus Abb. 55 ersichtliche schwenkbare Zug-Ketten-Vorrichtung, im Fall der Lage des Kuppelkopfes in Zughakenhöhe die aus Abb. 56 ersichtlichen Aufsteckhaken.

Dieser Zustand der eigenen Wagen bringt nun während der Zeit des allmählichen Aufsteckens der Kuppelköpfe, welche man auf etwa zwei Monate veranschlagen kann, große Gefahr für die Kupplermannschaft mit sich, da der große Kuppelkopf den früher rechts und links vom Zughaken frei gelassenen Raum von 300 × 400 qmm sehr verengt. Das also, was man durch die Einführung der selbsttätigen Kuppelung mit hat vermeiden wollen, nämlich die Lebensgefahr für die Kuppler, hat man für den Übergangszeitraum in erhöhtem Maße wieder erhalten. Die Gefahr ließe sich verringern, wenn man, wie vorgeschlagen, einen völlig nach Kuppelungsarten getrennten Betrieb der Züge auf den eigenen Bahnen voraussetzte. Dies ist aber schwierig, wenn nicht unmöglich. Bei der bayerischen Bauart ist dann schließlich noch Vorsorge getroffen, daß der Endzustand durch Verkürzung der Puffer und des Kuppelschaftes ohne viele Mühe erreicht werden kann. Wann man diesen Endzustand einführen will, ist nicht gesagt. Da in diesem Endzustand die Puffer kurz sind, ist der Übergang der eigenen Wagen auf fremde Strecken ohne Verbindungswagen mit Übergangskuppelung ausgeschlossen, fremde Wagen können nicht mehr auf eigenen Strecken ohne diese Verbindungswagen befördert werden, jedoch ergibt sich der Vorteil, daß die Gefahr für die Kupplermannschaft geringer als beim Übergangszustand wird, da man das Zwischentreten zwischen die eigenen Wagen verbieten könnte, auch sind die Wagenzüge kürzer geworden. Gescheut hat man sich jedoch, den Endzustand so weit zu treiben, daß die Seitenpuffer ganz fortfallen, und es sind um 180 mm hinter der Berührungsfläche der Mittelkuppelung liegende Notpuffer vorgeschlagen, so daß also die dreifache Kraftleitung statt der einfachen beibehalten ist und die volle Ausnutzung der Vorteile der selbsttätigen Kuppelung nicht erreicht werden kann. Es ist auch kaum anzunehmen, daß die Trennung der Wagen mit verschiedenen Kuppelungsarten so weit getrieben werden kann, daß nicht mancher Wagen mit Selbstkuppelung auf einen solchen mit Spindelkuppelung stößt. Hierin liegt aber der Nachteil und die Gefahr der gewählten Übergangsweise, denn die Kupplermannschaft wird unsicher, da sie nicht weiß, mit welchem Wagen sie im nächsten Augenblick zu

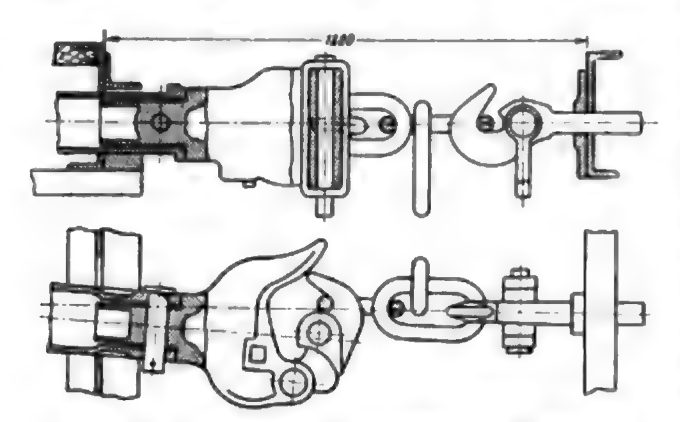


Abb. 56. Bayerische Übergangsketten für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe.

tun hat und wie sie sich stellen muß, um die Kuppelung schnell und sachgemäß auszuführen.

Um einen Teil der vorstehend angeführten Übelstände zu vermeiden, geht der zweite bayerische Vorschlag dahin, den Übergangszustand der Fahrzeuge, also selbsttätige Kuppelung mit langen Puffern ganz zu vermeiden und gleich den Endzustand, selbsttätige Kuppelung und kurze Puffer nach Beendigung des Vorbereitungszustandes der Fahrzeuge herzustellen. Zur Verbindung und gleichzeitigen Beförderung der beiden getrennten Wagengruppen sollen Verbindungswagen, welche auf der einen Seite Spindelkuppelung tragen, benutzt werden. Diese Verbindungswagen würden dann gleichsam die mit Rädern versehene Übergangsvorrichtung für die zwischen ihnen laufenden Wagen darstellen und sie ersetzen. Die Tragfähigkeit dieser Wagen wird auf den eigenen Strecken größtenteils ausgenutzt werden können, doch ist es sehr fraglich, ob sie auf den Stationen, wo sie gebraucht werden, immer in der nötigen Zahl vorhanden sind, und ob es nicht nötig werden wird, dieselben leer hin und her zu senden, um Wagen ohne selbsttätige Kuppelung befördern zu können. Schließlich dürfte diese Übergangsvorrichtung ihrer Kostspieligkeit wegen ganz versagen, wenn ein eigener Wagen auf die Nachbarbahn übergehen soll. Um auch nötigenfalls ohne Übergangswagen nach der Herstellung des Endzustandes die Wagen mit Spindelkuppelung befördern zu können, wurde schließlich noch die in Abb. 56 gezeichnete Übergangsvorrichtung vorgeschlagen, die jedoch wieder eine Schwächung der Klaue bedingt.

Wieviel einfacher ist es, an Stelle der wenigen und nicht immer verfügbaren Übergangswagen alle Wagen so auszurüsten, daß sie nötigenfalls als Übergangswagen verwendet werden können, d. h. die vorher bei der Herrichtung des Wagens in den Übergangszustand abgenommene Spindelkuppelung am Wagen zu belassen, um sie gegen den Kuppelkopf nötigenfalls austauschen zu können. Das Gewicht dieser Kuppelung, etwa 2×55 kg, spielt hierbei wohl kaum eine Rolle. Dann sind die Wagen selbständig und können nicht nur auf den eigenen Strecken, sondern auch auf den Nachbarstrecken frei verkehren. Voraussetzung für letzteres ist allerdings, daß die jetzige Pufferlänge vorläufig erhalten bleibt. Auch die fremden Wagen können unter der letzten Voraussetzung auf den eigenen Strecken fahren, und sollte sich an der Grenze kein eigener Wagen finden, der mit dem fremden Wagen zu einer Wagengruppe vereint, denselben bis zu seinem Austritt auf die Nachbarbahn begleiten kann, so ist als schlimmste Möglichkeit die gegeben, daß der den fremden Wagen bei seiner Rückkehr vom Zielpunkt übernehmende Güterzug durch Auswechselung einer selbsttätigen Kuppelung gegen die Spindelkuppelung einmal vielleicht 5 Min. Verspätung erfährt.

Dieselbe Beurteilung, wie für die bayerische Übergangskuppelung, ist bei der badischen (Abb. 57), der des k. k. Österr. Eisenbahnministeriums (Abb. 29), der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn (Abb. 58) und ähnlichen anzuwenden, da sie ungefähr dieselbe Art und Weise des Übergangs voraussetzen. Eine Besserung würde sich leicht erreichen lassen, wenn der Zughaken nach der Entfernung mitsamt dem Gehänge beim Wagen verbliebe und zum Austausch gegen den Kuppelkopf bereit gehalten würde, falls ein Wagen mit Spindelkuppelung angekuppelt werden muß.

Da die in Abb. 40 dargestellten Schwenkköpfe ein rascheres Aus-

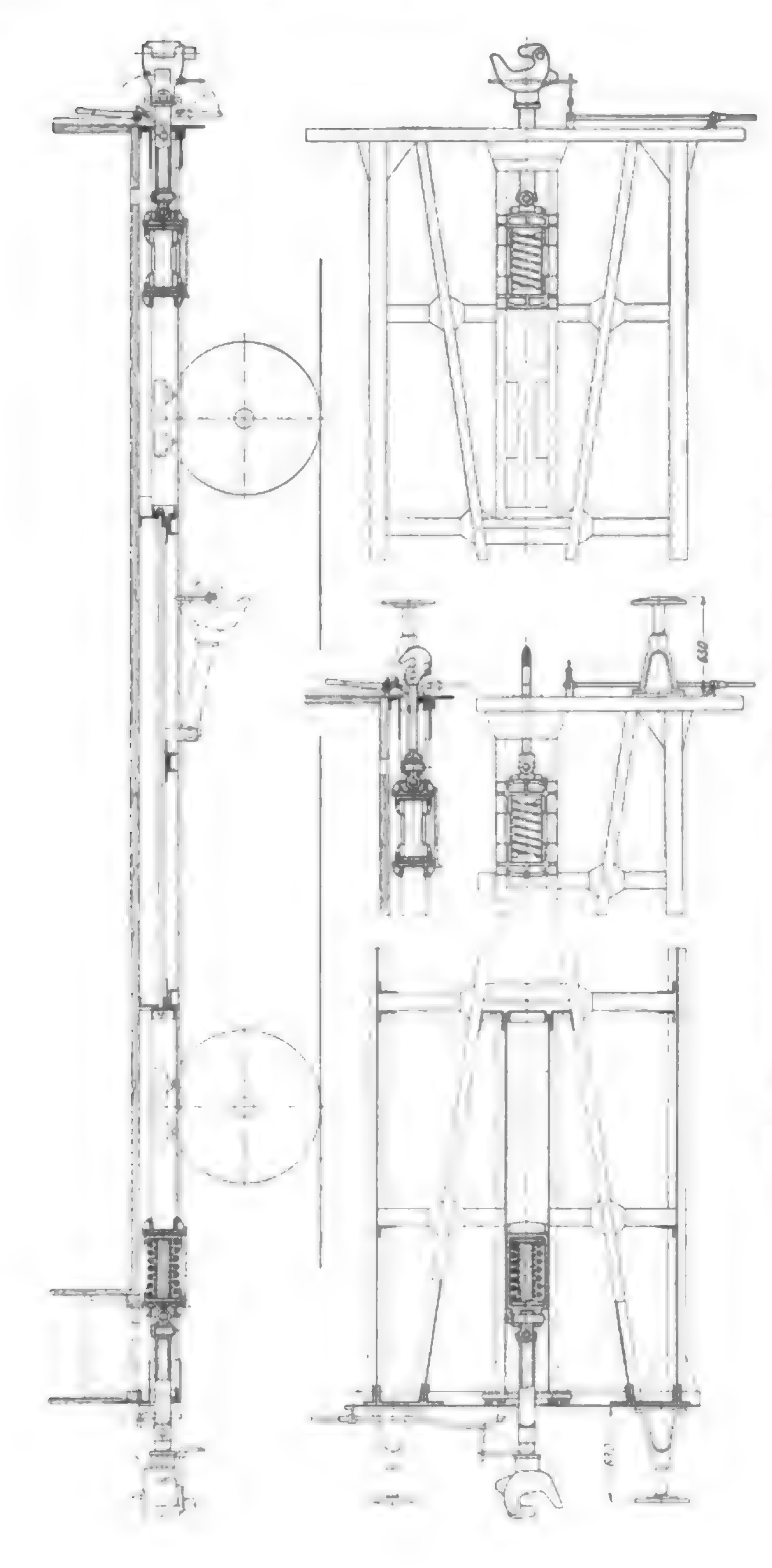


Abb. 57. Badische Übergangskuppelung für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe.

wechseln der Kuppelungsköpfe gegen die Spindelkuppelung gestatten, so ist noch zu untersuchen, ob sich nicht durch die Anwendung dieser Übergangsvorrichtungen die Übelstände, welche das Umstecken der Köpfe und Haken mit sich bringt, vermeiden lassen. Ohne weiteres zu bejahen ist dies für den teilbaren Schwenkkopf. Der Einbau des Schaftes mit dem Zughaken würde sich so vollziehen. wie er beim Umsteckkopf geschildert ist. An Stelle des Aufhängens des Umsteckkopfes am Langträger würde die Anbringung der beiden Schwenkkopfteile an der Kopfschwelle erfolgen, und die Auswechselung vom Haken gegen den Kopf während der Tage,

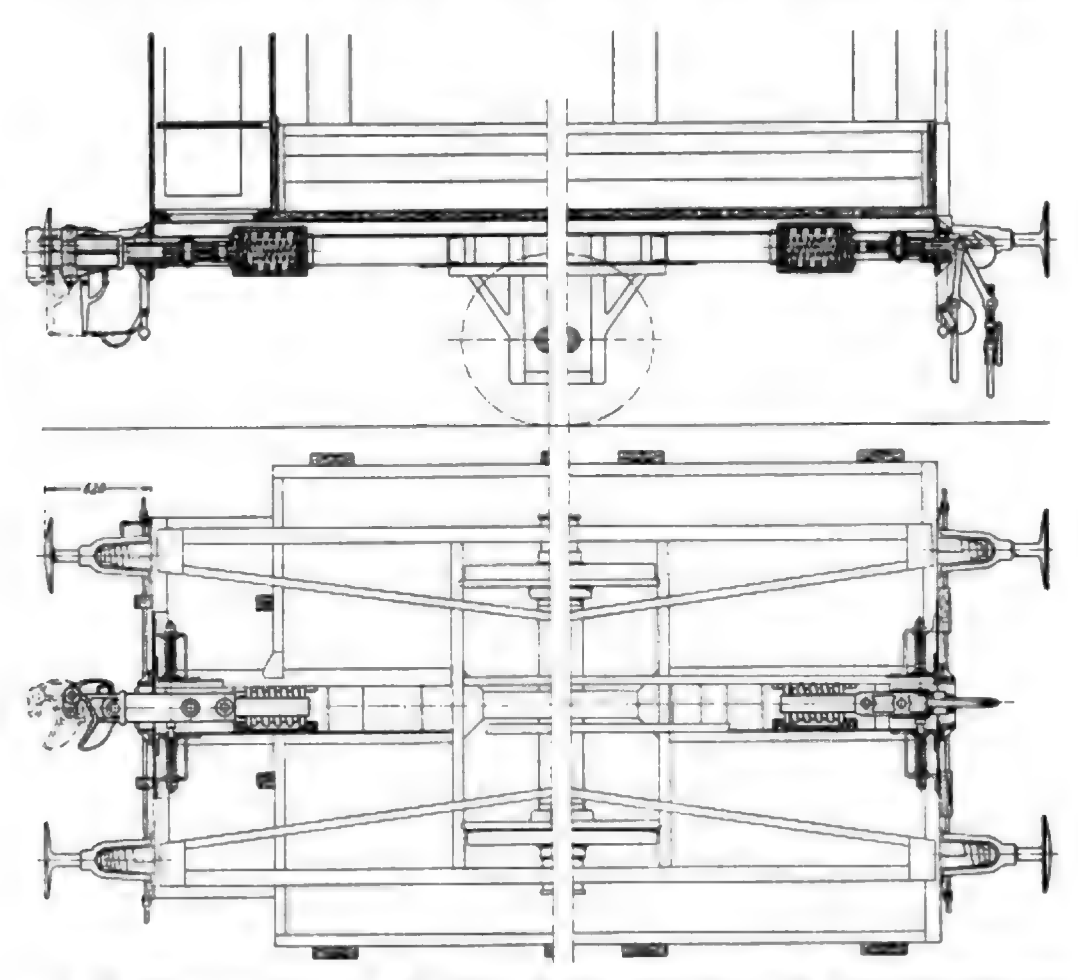


Abb. 58. Übergangskuppelung der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe.

an welchen der Güterverkehr ruht, würde hier in einigen Stunden durch das Vorschwenken des teilbaren Kopfes ersetzt werden. Die Herrichtung der auf die Nachbarbahnen übergehenden Wagen durch Zurückschwenken des teilbaren Kopfes geschieht sehr rasch, ebenso bei der Rückkehr der Wagen das Vorschwenken. Die Beförderung fremder Wagen auf den eigenen Strecken stößt auf kein Hindernis, da das Ausschwenken jeden Kopfes vor jedem fremden Wagen und das Kuppeln mit dem immer vorhandenen Zughaken ohne nennenswerten Zeitverlust erfolgen kann. Wenn dann sämtliche Nachbarbahnen die selbsttätige Kuppelung eingeführt haben, kann der geteilte Kopf als ganzes dadurch für geringeren Wagen-

abstand zurückgesetzt werden, daß man die Federführungsplatten im Untergestell abschraubt und in zurückliegende vorher dafür gebohrte Löcher wieder anschraubt. Dies alles gilt auch für den Schwenkkopf mit Horn, doch ist der für den Kuppler vom Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen als Mindestmaß geforderte freie Raum rechts und links vom Zughaken nur auf einer Seite ganz gewahrt, auf der andern etwas eingeschränkt, auch ist ein Zurücksetzen später nur um 80 mm möglich, doch hat er den Vorteil vor dem teilbaren Schwenkkopf, daß die Auswechselung von Zughaken und Kopf viel rascher vor sich geht. Um den vorgeschriebenen freien Raum für die Kuppler zu wahren, hat die Österreichische Südbahn einen Schwenkkopf vorgeschlagen, der vom Schaft für die Vorbereitungszeit abnehmbar ist, wie bereits auf Seite 521 ausgeführt wurde (Abb. 45 und 46).

Nachteilig ist für diese drei Vorrichtungen die Verwendung von Gelenkbolzen, welche der Abnutzung ausgesetzt sind und welche die reinen Umsteckköpfe nicht besitzen.

Die Vorteile der Umsteckvorrichtungen und Schwenkvorrichtungen kann man vielleicht noch vereinen, ohne die Nachteile beider allzusehr zu spüren, indem man den Wagenbestand im allgemeinen mit den dauerhafteren Umsteckköpfen ausrüstet, einem durch Versuche festzusetzenden Teil jedoch Schwenkköpfe gibt, welcher, auf die hauptsächlichsten Bedarfsstellen verteilt, im allgemeinen die Beförderung der Güter nach dem Auslande sowie befrachtet die Begleitung der ausländischen Wagen im Inlande übernehmen kann, ohne die übrigen Wagen mit Umsteckvorrichtung hiervon ganz auszuschließen.

Die Möglichkeit eines allmählichen Überganges der selbsttätigen Kuppelung, welche die Bauart der Schwenkköpfe bietet, auszunutzen, ist weniger vorteilhaft, da sie eine zu häufige Auswechselung an demselben Wagen erfordert und dadurch bei allen Wagen ständig zu Verzögerungen bei der Zugbeförderung und Unsicherheit beim Kuppeln Anlaß geben kann.

f) Vorschläge für Versuchsbetriebe.

Die vorstehenden Überlegungen haben zur Genüge gezeigt, wieviel Fragen in betreff der Einführung der selbsttätigen Kuppelung noch durch Versuche aufzuklären sind. Diese Versuche sind bisher von vielen Verwaltungen, aber nur im kleinen, angestellt worden. Durch diese kleinen Versuche konnte festgestellt werden, ob der jemalig versuchte Kuppelkopf oder die versuchte Auslösevorrichtung zweckmäßig oder unzweckmäßig gebaut ist und wie die Abnutzung der Teile vor sich geht, und hierfür bleiben sie von großem Nutzen, doch auch dies nur mit der Einschränkung, daß bei den wenigen auf bestimmten Strecken laufenden Wagen die wichtigsten Erscheinungen an den Vorrichtungen häufig gar nicht eintreten, weil auf diesen Strecken die auf anderen Strecken sonst vorhandenen Voraussetzungen fehlen. Die Güte einer auszuwählenden Übergangsvorrichtung läßt sich aber auf diese Versuche hin in keiner Weise beurteilen, da Inland- und Auslandverhältnisse nicht hergestellt worden sind.

Für die Preußischen Staatsbahnen würde sich z. B. folgender Versuchsbetrieb empfehlen, der sich allmählich zum Dauerbetriebe erweitern kann. Die Eisenbahndirektion Königsberg ist im Norden von der See, im Osten und Süden von der russischen Grenze umgeben, nach welcher

Digitized by Google

ein Wagenübergang der Spurverschiedenheit wegen nicht stattfindet. Nach Westen sind nur zwei Hauptübergangsstellen gegen die benachbarte Eisenbahndirektion vorhanden.

Dieser Direktionsbezirk Königsberg wird nun mit Wagen mit selbsttätigen Kuppelungen in der früher beschriebenen Weise ausgerüstet. Für sämtliche Wagen des Direktionsbezirks wird die Freizügigkeit aufgehoben, so daß also der Bezirk als für sich bestehende Verwaltung gekennzeichnet ist. Da in diesem Bezirk ein Durchgangsverkehr für Wagen nicht stattfindet, so wird sich dort bald ein völlig ausgebildeter Betrieb mit Selbstkupplern ausbilden, da ja auch die nach auswärts gehenden Wagen infolge der Aufhebung der Freizügigkeit bald zurückkehren müssen. Die beiden Übergangsstellen gegen die Nachbahrbahn werden nun mit den erforderlichen Arbeitskräften ausgerüstet, um alle ausgehenden eigenen Wagen zu Wagen mit Spindelkuppelung umzuwandeln, sowie an allen wieder eingehenden eigenen Wagen die selbsttätige Kuppelung wieder vorzubringen. Die eingehenden Wagen der „Nachbarbahn" müssen ferner möglichst mit befrachteten Begleitwagen mit demselben Ziel weitergesandt oder wenigstens mit den eigenen Wagen unter Umwandlung der Kuppelung des nächsten verkuppelt werden. Hier würde sich beurteilen lassen, ob ein Zeitverlust bei alleiniger Verwendung der Umsteckvorrichtung eintritt oder ob zur teilweisen Verwendung der Schwenkköpfe geschritten werden muß.

Ein solcher Versuch erfordert die Ausgaben für die Ausrüstung der Wagen, dann für das vermehrte Personal auf den zwei Übergangsstationen, schließlich erwächst der Verwaltung noch dadurch ein Verlust, daß durch die Aufhebung der Freizügigkeit mancher Wagen leer zurücklaufen muß, doch werden sich die Vorteile auch sofort einstellen, die mit der Verwendungsmöglichkeit von Lokomotiven mit größerer Zugkraft, mit der größeren Sicherheit der Kuppelungen dem Herabgehen der Wiederherstellungskosten für die Zug- und Stoßapparate, der größeren Leistungsfähigkeit der Verschiebebahnhöfe, der Verminderung der Unfälle u. a. verbunden sind. Nach günstigem Ausfall dieses Versuches und Begutachtung im Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen würde man die dem Bezirk Königsberg benachbarten Direktionsbezirke nacheinander in größeren Zeiträumen angliedern und die Übergangsstationen immer mehr nach Westen verlegen, bis sämtliche Strecken der Preußisch-Hessischen Eisenbahn-Gemeinschaft eingeschlossen sind.

Für andere Bahnverwaltungen Europas werden sich ähnliche günstige Versuchsbezirke finden, so daß die Ergebnisse der gleichzeitig im großen angestellten Versuche sich rechtzeitig berichtigen oder ergänzen können.

Derartige Versuche in großem Umfange wurden auch auf der letzten internationalen Eisenbahn-Konferenz vom Mai 1907 in Bern vermißt, wie der Wortlaut des ersten Absatzes des bezüglichen Beschlusses erkennen läßt. Der Beschluß lautet wie folgt:

„Versuche in solchem Umfange, daß durch sie eine allen Ansprüchen genügende selbsttätige Kuppelung als gefunden betrachtet werden könnte, sind noch nicht vorgenommen worden.

Auch die in Amerika eingeführte Kuppelung mit Mittelpuffer besitzt, wie sich auch bei den von einigen europäischen Bahnen damit gemachten Versuchen gezeigt hat, zurzeit noch so große Mängel, daß nicht daran gedacht werden kann, sie in ihrer jetzigen Gestalt anzunehmen. Dazu

kommt, daß das Untergestell der europäischen Wagen bei Einführung einer solchen Kuppelung umgestaltet werden müßte, auch ein sehr großer Teil der vorhandenen Wagen wegen ihrer verhältnismäßig geringen Länge sich für eine derartige Kuppelung überhaupt wenig eignet.

Bei dieser Sachlage erscheint es nicht angezeigt, schon jetzt die Einführung einer selbsttätigen Kuppelung in Aussicht zu nehmen oder irgend eine darauf abzielende Abmachung zu treffen.

Der Zeitpunkt, zu dem sich die Gesamtheit der europäischen Staaten mit dieser Frage zu befassen hätte, ist erst dann als gekommen zu erachten, wenn einer der an der technischen Einheit im Eisenbahnwesen beteiligten Staaten glaubt, eine einwandfreie Kuppelung gefunden zu haben, und mit dem bestimmten Antrag auftritt, allgemein zu dieser Kuppelung überzugehen."

Eine einwandfreie Kuppelung, vor allem eine einwandfreie Übergangskuppelung zu finden, ist schwer möglich, wenn nicht Gelegenheit vorhanden ist, durch Versuche die jeder Erfindung anhaftenden Mängel zu beseitigen. Wenn der Kongreß es nun auch nicht als wünschenswert bezeichnet hat, die selbsttätige Kuppelung einzuführen, so hat er doch indirekt den Weg gewiesen, auf welchem allein dies Ziel für den Kontinent erreichbar ist, nämlich durch Versuche der einzelnen Verwaltungen in großem Umfange.

Ermutigend sollte für die Inangriffnahme noch die Äußerung des technischen Ausschusses des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen vom September 1900 in Straßburg sein, „daß weder die technischen noch die finanziellen Schwierigkeiten der allgemeinen Einführung einer selbsttätigen Wagenkuppelung unüberwindliche sind, und daß es zur Herbeiführung größerer Sicherheit des Betriebes und der Bahnbediensteten dringend wünschenswert ist, wenn der Verein, unter Fortführung der eingeleiteten Versuche, nunmehr der praktischen Durchführung einer selbsttätigen Kuppelung mit Entschiedenheit nähertritt".

Voraussetzung für das Gelingen dieser Versuche ist aber immer der ernste Wille, mit den jetzigen Zug- und Stoßvorrichtungen ihrer grundsätzlichen Fehler wegen zu brechen und die als vorteilhafter und menschenwürdiger erkannte selbsttätige Zug- und Stoßvorrichtung einzuführen.

Ist dieser ernste Wille vorhanden, so kann, da die Möglichkeit der Einführung vom technischen Standpunkte erwiesen und vom Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen anerkannt ist, der Erfolg ebenso wie in Amerika auch hier in Europa nicht ausbleiben.

Eisenbahnbremsen.

(Allgemeiner Teil.)

Von

Roman Freiherr von Gostkowski,
Professor der Eisenbahnbetriebslehre an der k. k. Techn. Hochschule, Lemberg.

1. Zweck des Bremsens.

Wenn ein Eisenbahnzug, welcher zum Durchlaufen eines Kilometers Weg eine Minute benötigt, mit dieser Geschwindigkeit in eine Strecke einfährt, welche auf je 40 m ihrer Länge um 1 m fällt, so würde er, sich selbst überlassen, schon nach Verlauf von 100 Sekunden, eine Stundengeschwindigkeit von 130 km erreichen. Diese Geschwindigkeit könnte sogar auf 230 km pro Stunde anwachsen, wenn der Zug nicht früher schon entgleisen sollte.

Erwägt man, daß schon nach Ablauf einer so kurzen Zeit die Rollgeschwindigkeit auf eine Größe anschwillt, welche für manche Verhältnisse bedenklich sein kann, und daß ihr Wachstum schneller wird, wenn der Zug auf ein schärferes Gefälle kommt, so wird man den Wunsch gerechtfertigt finden, Mittel zu besitzen, durch welche die Rollgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge gezügelt — ja ganz vernichtet werden könnte.

Derlei Mittel nennt man Bremsen.

Das Problem des Bremsens der Eisenbahnzüge, obwohl so alt wie das Eisenbahnwesen selbst, hat bis jetzt eine befriedigende Lösung nicht gefunden. Manches ist in dieser Richtung geschehen, doch das Geleistete entschwindet dem vorschauenden Blicke, welcher sieht, wieviel zu leisten noch übrig bleibt.

Das Geleistete gedanklich zu verarbeiten und auf das noch zu Leistende aufmerksam zu machen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Solange ein Eisenbahnzug auf horizontaler Bahn fährt, kann seine Bewegungsenergie dadurch gemäßigt werden, daß der Zutritt des Dampfes zu den Zylindern der Lokomotive abgesperrt wird. Der auf diese Art der treibenden Kraft beraubte Zug wird, infolge der Widerstände, welche er findet, immer langsamer rollen und stehen bleiben, sobald seine Energie für Zwecke der Bewältigung dieser Widerstände aufgebraucht sein wird.

In einem Gefälle muß jedoch so etwas nicht notwendig stattfinden. Denn wenn auch der Zutritt des Dampfes zu den Zylindern der Lokomotive abgeschnitten ist, so wird dadurch die Tätigkeit der den Zug talwärts

ziehenden Komponente der Schwerkraft nicht aufgehoben. Diese Kraft bleibt also auch nach Absperren des Dampfes bestehen. Eine konstant wirkende Kraft beschleunigt aber die Rollgeschwindigkeit. Bis ins Ungemessene kann die Geschwindigkeit freilich nicht wachsen, doch kann sie immerhin größer werden, als es der Eisenbahnfahrt zuträglich ist.

Der Bewegungswiderstand wächst nämlich mit dem Quadrate der Rollgeschwindigkeit, vergrößert sich also rascher als die Geschwindigkeit zunimmt. Es muß daher einmal der Augenblick kommen, in welchem der Widerstand bis an die Größe der talwärts ziehenden Kraft herangewachsen sein wird. In diesem Augenblicke werden Widerstand und bewegende Kraft einander gleich. Der Zug wird daher, von diesem Augenblicke ab, mit jener Geschwindigkeit weiter rollen, welche er im Momente des Gleichwerdens dieser beiden Gegenkräfte eben hatte. Diese Geschwindigkeit wird sich nicht mehr vergrößern, weil ob Gleichheit der Kräfte die Beschleunigung verschwunden ist.

Daß aber diese Höchstgeschwindigkeit, welche der freirollende Zug im Gefälle erreicht, für den Eisenbahnverkehr gefahrbringend sein kann, wurde bereits bemerkt. In dem angezogenen Beispiele konnte sie ja bis auf 230 km anwachsen.

In der Eisenbahnpraxis läßt man es selbstverständlich nicht soweit kommen. Die Züge werden vielmehr schon gebremst, bevor sie noch ihre Höchstgeschwindigkeit erreicht haben. Soll der gebremste Zug stehen bleiben, so müssen auf der Strecke, auf welcher er zum Stillstande gebracht werden soll, die Bremsen soviel Arbeit liefern, als notwendig ist, um die Energie zu vernichten, welche der rollende Zug zu Beginn des Bremsens hatte.

Woher aber diese Energie stammt, soll im folgenden erörtert werden.

2. Das Bremsen und die Bremsarbeit.

Wird ein auf die Schienen gestellter Eisenbahnwagen gezogen, so wird er fortschreiten, seine Räder werden aber gleichzeitig um ihre mathematischen Achsen rotieren. Während einer Umdrehung um die Achse macht das Rad auf der Schiene einen Weg, welcher ebenso groß ist wie sein Umfang. Die Geschwindigkeit des Umlaufens ist also gleich der Geschwindigkeit des Fortschreitens. Eine derartige Bewegung nennt man Rollen.

Macht aber das Rad während seines Weges auf der Schiene, dessen Länge gleich ist dem Radumfang, weniger als eine Umdrehung, so muß es in seiner Rotation in irgend einer Weise behindert worden sein. Diese Art von Bewegung ist also zwangläufig.

Die Erfahrung lehrt, daß die Reibung, welche ein zwangläufig fortschreitendes Rad bei unveränderlichem Gewichte auf der Schiene findet, größer ist als jene Schienenreibung, welche ein frei rollendes Rad zu bewältigen hat.

In der Herstellung einer zwangläufigen Bewegung, d. h. in der Erschwerung der Rotation eines Wagenrades, hat man sonach ein willkommenes Mittel, je nach Bedarf auf der Schiene mehr oder weniger Reibung zu erzeugen, den Zug also in seinem Laufe mehr oder weniger zu hemmen.

Den Vorgang, welcher eine Erschwerung der Rotation zum Zwecke hat, nennt man das Bremsen. Die Vorrichtungen dagegen, durch welche diese Hemmung erreicht wird, heißen Bremsen.

Wenn gesagt wird, ein Eisenbahnwagen sei gebremst, so ist damit nichts weiter gesagt, als daß die Rotation seiner Räder mehr oder weniger erschwert ist. Über den Grad dieser Erschwernis, also über die Stärke der Behinderung der Rotation, sagt dieses Wort nichts aus. Man kann daher von verschieden stark gebremsten Wagen sprechen, z. B. von ungebremsten, zum Teil gebremsten, vollgebremsten usw.

Die Behinderung (Erschwerung) der Rotation der Wagenräder kann auf verschiedene Arten bewirkt werden, z. B. dadurch, daß man auf die Achse, auf welcher die beiden Wagenräder festsitzen, eine Kupferscheibe aufkeilt und sie in ein magnetisches Feld stellt. In diesem Falle entstehen elektrische Ströme (Wirbelströme), welche die Rotation der Scheibe, also auch jene der mit ihr ein unzertrennliches Ganze bildenden Achse samt deren Rädern, mehr oder weniger stark hemmen.

Es kann aber auch das Rad zwischen Backen gefaßt werden, welche mehr oder weniger stark an dessen Umfang angepreßt werden können usw. Dieses Mittel ist es, welches auf Eisenbahnen allgemein angewendet wird.

Die Aufgabe des die Bremse bedienenden Mannes (des Bremsers) besteht nun darin, jene Kraft auszulösen, welche eine zwangläufige Bewegung der Wagenräder zu erzeugen vermag.

Im erstangeführten Falle hat der Bremser das magnetische Feld zu wecken, was durch Schließen eines um ein weiches Stück Eisen spiralförmig geführten elektrischen Stromes, also durch Druck auf einen Taster, geschieht. Die Kraft, welche die zwangläufige Bewegung der Wagenräder erzeugt, ist also hier das magnetische Kraftfeld. Im zweiten der erwähnten Fälle hat der Bremser jene Kraft auszulösen, welche das Anpressen der Bremsbacken an den Radumfang bewirkt. Diese Kraft kann die Elastizität gespannter Federn, Magnetismus, Druck einer Schraube usw. sein. Gewöhnlich ist es die Schraube, welche zum Anpressen der Bremsklötze verwendet wird. Die Kraft, welche die zwangläufige Bewegung der Räder bewirkt, ist also hier die Pressung der Schraube.

Es ist also nicht der Bremser, welcher die Arbeit liefert, die den Eisenbahnzug zum Stehen bringt. Diese Arbeit liefert die Reibung, welche die zwangläufig bewegten Wagenräder auf der Schiene finden. Wollte man die zum Stillstehen eines rollenden Eisenbahnzuges erforderliche Arbeit dem Bremser andichten, so wäre das ungefähr so, wie wenn gesagt würde, der Lokomotivführer leiste mit dem Öffnen des Regulators seiner Maschine jene Arbeit, welche den Zug in Gang bringt.

Will man einen frei rollenden Eisenbahnzug möglichst schnell zum Stehen bringen, so muß man vor allem die Rotation seiner Räder erschweren, denn erst die in ihrer Rotation mehr oder weniger behinderten Räder finden auf der Schiene jene Größe von Reibung, welche das beabsichtigte Anhalten des Zuges bewirkt.

Diese zwischen Bremsklotz und Wagenrad entstehende Reibung soll Backenreibung genannt werden. Jene Reibung hingegen, welche zwischen Rad und Schiene erwacht, soll Schienenreibung heißen.

Die Größe der Schienenreibung hängt von der Größe der Backenreibung ab. Die Schienenreibung wird nämlich um so größer sein, je mehr die Rotation der Räder behindert ist. Diese Behinderung (Erschwerung) wird aber durch die Backenreibung erzeugt.

Hält man die Räder eines Wagens fest, so daß sie sich nicht drehen

können, und schleift den Wagen auf der Schiene, so erhält man Schienenreibung unabhängig von der Backenreibung. Spannt man das Wagenrad in eine Drehbank und preßt an das sich drehende Rad Klötze an, so hat man Backenreibung unabhängig von der Schienenreibung. Beide Reibungen treten in eine Wechselwirkung, sobald an das rollende Rad Bremsbacken mehr oder weniger stark angepreßt werden.

Ein 5 t schwerer Eisenbahnwagen, dessen Räder in ihrer Rotation durch nichts beirrt sind (ein frei rollender Wagen), findet bei einer Rollgeschwindigkeit von 45 km pro Stunde auf der Schiene eine Reibung von 20 kg. Werden aber seine Räder unter eine Klotzpressung von 1 t gestellt (rollt der Wagen zwangläufig), so wächst die Schienenreibung auf rund 160 kg, wird also 80mal größer. Zur Erzeugung einer Schienenreibung von 160 kg bedarf es sonach eines Druckes auf die Bremsklötze im Betrage einer Tonne.

Vorrichtungen, welche den Zweck haben, durch Vermittlung von Backenreibung einen gegebenen Betrag an Schienenreibung zu erzeugen, heißen Bremsen.

3. Grundgesetz des Bremsens.

Es wurde bereits gesagt, daß bei einem zwangläufig fortschreitenden Eisenbahnwagen Schienenreibung und Backenreibung in ein Abhängigkeitsverhältnis zueinander geraten. Die Schienenreibung ist nämlich eine Funktion der Backenreibung, und zwar eine solche Funktion, daß, wenn die Backenreibung Null ist, eine Schienenreibung auftritt, welche die Größe der rollenden Reibung hat. Wenn aber die Backenreibung so groß wird, daß dadurch die Rotation der Wagenräder gänzlich verschwindet (wenn die Räder festgestellt sind), eine Schienenreibung auftritt, welche die Größe der gleitenden Reibung hat.

Die Art der Verknüpfung der Schienenreibung mit der Backenreibung soll nun des näheren erörtert werden.

Nach D'Alemberts Lehrsatz lassen sich die Differenzialgleichungen, welche den fraglichen Zusammenhang ausdrücken, ohne weiteres niederschreiben. Gediegene Arbeiten in dieser Richtung haben in jüngster Zeit die Professoren Bartl[1]) in Brünn und Franke[2]) in Lemberg geliefert. Anschaulicher indes gelangt man zum Ziele durch die nachfolgende Betrachtung.

Eine Masse bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit, sobald alle auf sie einwirkenden Kräfte einander die Wage halten. Zur Abänderung (Vergrößerung oder Verkleinerung) dieser Geschwindigkeit bedarf es einer Ursache. Diese Ursache nennt man Kraft. Das Maß der Kraft ist also die Größe der durch sie bewirkten Geschwindigkeitsänderung.

Ist die Änderung derart, daß die Geschwindigkeit der Masse sich vergrößert, so nennt man die auf die Masseneinheit entfallende Veränderung: Beschleunigung. Verringert sich die Geschwindigkeit, so spricht man von einer Verzögerung. Beide Änderungen der Geschwindigkeit werden auf die Einheit der Zeit bezogen.

Beträgt die Kraft, welche die Masse m in ihrer Bewegungsrichtung

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1887, S. 2 des betreffenden Sonderabdruckes. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1885, S. 344.

[2]) Der Zivil-Ingenieur 1882, S. 206.

antreibt, K Kilogramm, und wirkt dieser treibenden Kraft eine hemmende Kraft W (Widerstand) entgegen, welche gleichfalls in Kilogrammen ausgedrückt ist, bezeichnet ferner p die auf die Masseneinheit entfallende Änderung der Geschwindigkeit der Masse, bezogen auf die Zeiteinheit, so ist dem Gesagten zufolge:

$$p = \pm \left(\frac{K - W}{m} \right)$$

Meter pro Sekunde, sobald die Geschwindigkeit der sich bewegenden Masse in Meter pro Sekunde ausgedrückt wird.

Für die Beschleunigung soll das Zeichen (+), für die Verzögerung dagegen das Zeichen (—) genommen werden.

Die Anwendung des soeben Gesagten auf die Bewegung eines gebremsten Eisenbahnwagens erfolgt aber auf Grund folgender Überlegung:

Hängt man einen Eisenbahnwagen in seinem Schwerpunkte so auf, daß, wenn herabgelassen, er mit seinen Rädern auf die Schiene zu stehen kommt, und erhält man seine Räder in Rotation, so wird der Wagen ruhig hängen bleiben, seine Räder werden rotieren. Werden die rotierenden Räder des hängenden Wagens zwischen Bremsbacken so eingeklemmt, daß sie, wenn zwar erschwert, aber immerhin noch rotieren können, so werden sie auch in diesem Falle, wenngleich mit verminderter Schnelligkeit, aber dennoch rotieren.

Bezeichnet K die Größe jener Kraft, welche die Rotation unterhält, H hingegen die Kraft, welche sie erschwert (hemmende Kraft), so stehen die rotierenden Räder des schwebenden Wagens unter dem Einflusse einer verzögernden Kraft, welche $(H - K)$ Kilogramm beträgt. Beträgt m die Masse der Räder samt ihren Achsen, so beträgt die Verzögerung der Rotation:

$$-\frac{H - K}{m}$$

Meter pro Sekunde. Senkt man den gedachten Wagen auf die Schiene, so erhält er infolge der Reibung, welche die zwangläufig rotierenden Räder auf der Schiene finden, eine fortschreitende Bewegung. Diese Bewegung entstand also durch das Auftreten der soeben gedachten Schienenreibung, welche S Kilogramm betragen mag.

Setzt man statt K in den obigen Ausdruck die Kraft S, so erhält man für die Größe der Verzögerung des Laufes der rollenden Räder die Formel:

$$-\left(\frac{H - S}{m} \right).$$

Die Kraft, welche die Rotation der Wagenräder hemmt, ist nichts anderes als die Reibung, welche durch Anpressen der Bremsbacken an den Radumfang zwischen diesem und den Backen erwachte. Bezeichnet B die Größe dieser Backenreibung, so hat man in dem obigen Ausdrucke H zu ersetzen durch B, man erhält dann für die Verzögerung der Rollbewegung:

$$-\left(\frac{B - S}{m} \right).$$

Der auf der Schiene sich selbst überlassene gebremste Eisenbahnwagen wird infolge der Schienenreibung S in seiner fortschreitenden Bewegung behindert. Die Verzögerung der Bewegung seiner Masse M beträgt daher:

$$-\left(\frac{S}{M} \right).$$

Es besteht demnach die Gleichung:

$$-\left(\frac{B-S}{m}\right)=-\left(\frac{S}{M}\right),$$

aus welcher man erhält:

$$B=\left(1+\frac{m}{M}\right)S.$$

Hierbei bezeichnet m die in einem Punkte konzentrisch gedachte Masse der rotierenden Teile des Eisenbahnwagens, welche Masse, in der Entfernung von 1 m von der Wagenachse (Rotationsachse) angebracht, dieselbe Rotationsenergie hat, wie sie die wirkliche, aber zerstreute Masse der rotierenden Elemente tatsächlich besitzt. Diese Ersatzmasse m pflegt man polares Trägheitsmoment zu nennen. Die Masse m ist also nichts anderes als eine Rechnungsgröße, mit welcher zu operieren aber gestattet ist, weil sie die wirkliche Masse der rotierenden Wagenteile in ihrer Rotationsenergie gleichwertig ersetzt.

Es ist sonach $\left(\frac{m}{M}\right)$ das Verhältnis der Ersatzmasse der rotierenden Teile zur ganzen Masse des Wagens.

Unter Masse versteht man bekanntlich das Verhältnis des Gewichtes zur Beschleunigung der Schwerkraft. Diesem zufolge ist die auf Kilogramme bezogene Masse einer Tonne:

$$\frac{1000}{9 \cdot 81}=102.$$

Wenn es sich aber nicht um die Masse eines gleitenden, sondern um die Masse eines rollenden Wagens handelt, so muß außer seiner Gesamtmasse M auch noch die Masse m seiner rotierenden Teile berücksichtigt werden.

Geschieht dies aber, so erhält man, wie leicht nachzuweisen, und wie Professor Frank in Hannover annimmt[1]), für die Masse einer Tonne rollenden Wagengewichtes nicht mehr 102, sondern 108.

Wiegt der rollende Wagen G t, so beträgt seine Masse:

$$M=108 \cdot G.$$

Was die Masse der rotierenden Teile eines Eisenbahnwagens anbelangt, so kann man sich, wie bereits gesagt, an Stelle der zerstreuten Massenelemente dieser Wagenteile eine, in einem Punkte konzentrierte Masse m denken, welche in einer Entfernung von 1 m von der Wagenachse angebracht, dieselbe Rotationsenergie besitzt, wie die wirkliche Masse dieser rotierenden Teile.

Für Wagen der Österreichischen Staatsbahnen habe ich die Ersatzmasse m berechnet und fand $m=30$. Denninghoff[2]) nimmt an $m=8 \cdot 16$, Petrossi[3]) rechnet $m=18$, Frank[4]) $m=20$, Bartl[5]) nimmt an $m=40$.

[1]) Zeitschr. deutsch. Ing. 1903, S. 460.
[2]) Glasers Annalen für Gewerbe- und Bauwesen 1906, S. 227.
[3]) Österreichische Eisenbahnzeitung 1882, S. 413.
[4]) Frank, Die Widerstände der Lokomotiven und Bahnzüge 1886, S. 33.
[5]) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1889, Heft III des Sonderabdruckes, S. 33.

Berücksichtigt man den für die folgende Erörteruug ungünstigsten Fall, nimmt also für m den größten Wert $m = 40$, so erhält man für das in Rede stehende Massenverhältnis

$$\left(\frac{m}{M}\right) = \frac{40}{108 \cdot G}.$$

Veranschlagt man das Durchschnittsgewicht eines Eisenbahngüterwagens auf 10 t, so erhält man

$$\left(\frac{m}{M}\right) = 0{\cdot}037,$$

welcher Wert sich bedeutend verkleinert, wenn man das Wagengewicht größer nimmt, was ja für Personenwagen tatsächlich der Fall ist.

Das gedachte Massenverhältnis ist also selbst bei dem größten Werte der Ersatzmasse m immer noch so klein, daß es angesichts der Einheit vernachlässigt werden kann. Geschieht dies aber, so geht die das Bremsen charakterisierende, oben abgeleitete Gleichung in die folgende über:

$$B = S.$$

Danach lautet also das Grundgesetz des Bremsens: Backenreibung und Schienenreibung müssen gleich groß sein. Für jedes Kilogramm zu erzeugender Schienenreibung muß also ein Kilogramm Backenreibung aufgewendet werden.

Die Gleichheit der Größen dieser beiden Reibungen ist also die Grundbedingung, welche erfüllt sein muß, wenn nach der Größe des Klotzdruckes gefragt wird, welcher anzuwenden ist, um einen gegebenen Betrag von Schienenreibung zu erhalten.

Ein Beispiel soll das Gesagte erläutern:

Ein 15 t schwerer Eisenbahnwagen soll so gebremst werden, daß dessen Räder auf der Schiene gleiten. Es fragt sich, unter welchen Druck sämtliche Bremsklötze dieses Wagens gestellt werden müssen, um den beabsichtigten Zweck zu erreichen?

Die Größe des erforderlichen Klotzdruckes ist durch die Bedingung gegeben, daß die durch denselben herzustellende Backenreibung gerade so groß werde, wie die Reibung des Gleitens ist.

Der Beiwert der gleitenden Reibung wird im Durchschnitt mit 150 kg für jede Tonne Wagengewicht angenommen. Da der zu bremsende, in diesem Falle zum Gleiten zu bringende Wagen 15 t schwer ist, so muß durch den fraglichen Klotzdruck $15 \times 150 = 2250$ kg Backenreibung erzeugt werden. Um aber diesen Betrag an Backenreibung durch Anpressen der Bremsklötze an die Wagenräder zu erzeugen, muß man den Beiwert (Reibungs-Koeffizient) der Backenreibung kennen, d. h. man muß wissen, wieviel Kilogramm Backenreibung eine Tonne Klotzdruck (nicht Schienendruck) erzeugt.

Nimmt man an, daß dieser Beiwert 180 betrage, so findet man die gesuchte Größe des erforderlichen Klotzdruckes durch Division der Zahl 2250 durch 180. Man findet also, daß der gesuchte Klotzdruck $\frac{2250}{180} = 12{\cdot}5$ t betragen müsse. Sämtliche Bremsklötze des 15 t schweren Wagens müssen daher unter einen Druck von 12·5 t gestellt werden, wenn man den Wagen so stark bremsen will, daß die Räder desselben auf den Schienen gleiten.

Hat der Wagen 4 Räder, also 8 Bremsklötze, so muß auf jeden dieser Klötze ein Druck von $\frac{12\cdot5}{8} = 1\cdot562$ t $= 1562$ kg ausgeübt werden.

Wären die Beiwerte der Backenreibung und Schienenreibung gleich groß, so würde das Bremsgesetz dahin lauten, daß Schienendruck (Gewicht des zu bremsenden Wagens) und Klotzdruck (Pressung auf sämtliche Klötze des Wagens) gleich groß sein müssen. Da aber die gedachten Beiwerte nicht gleich groß sind, so kann die Annahme der Gleichheit dieser beiden Drucke nicht festgehalten werden. Also nicht Klotzdruck und Schienendruck, wie man anzunehmen pflegt [1]), sondern Backenreibung und Schienenreibung müssen gleich groß sein.

4. Die Rollgrenze.

Im Jahre 1867 erhielt Wöhler ein Patent für die Konstruktion einer Bremse, durch welche das Feststellen der Wagenräder vermieden, die günstigste Bremswirkung aber dennoch erreicht werden sollte [2]).

Die Konstruktion einer solchen Bremse war die praktische Folge von Versuchen, welche Wöhler im Jahre 1866 angestellt hatte. Diese Bremse machte berechtigtes Aufsehen, weil man bis dahin der Ansicht war, daß die größte Schienenreibung erst dann eintrete, wenn die gebremsten Räder an den Schienen gleiten. Weitere Erfahrungen [3]) und auch die Theorie [4]) lehren, daß die Schienenreibung am größten ausfällt, wenn das Vorwärtsrollen der gebremsten Räder eben noch besteht, wenn also die Rotation derselben dem Erlöschen nahe ist, daß sie aber auffallend schwächer wird, sobald die Rotation vernichtet wird, d. h. sobald die Räder gleiten.

Danach tritt die größte Schienenreibung schon auf, bevor noch der Übergang vom Rollen zum Gleiten sich vollzogen hat, also stets dann, wenn die Hemmung der Rotation der Räder einen solchen Grad erreicht, daß diese Rotation ihrem Erlöschen nahe ist.

Der Zustand der zwangläufigen Bewegung, in welchem die Rotation der Wagenräder eben zu erlöschen beginnt, also den Zustand des Überganges vom Rollen zum Gleiten, nennt Professor Bartl in Brünn: die Rollgrenze.

Unter Rollgrenze versteht man also jene zwangläufige Bewegung der Wagenräder, während welcher die Geschwindigkeit ihrer Rotation sich der Null nähert, diese aber nicht erreicht.

Befinden sich die Wagenräder an der Rollgrenze, so finden sie an der Schiene die größte Reibung, welche sie auf einer solchen überhaupt finden können. Wird durch weiteres Anpressen der Bremsklötze die Rollgrenze

[1]) Rüppell, Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1888, S. 117 u. 119.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1867, Supplementband III, S. 199. Heusinger von Waldegg, Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik 1870, Bd. 2, S. 236.

[3]) Wöhler, Organ Fortschr. des Eisenbahnwesns 1867, S. 126. Lochner, Spezielle Eisenbahntechnik (Heusinger von Waldegg), Lokomotivbau, 1875, S. 762. Pippart, Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1878, S. 231. Ferron, l. c. 1878, S. 141. Douglas Galton, Proceeding of the Inst. of mech. Ing. 1878, S. 467—590. Meyer, Grundzüge des Eisenbahn-Maschinenbaues 1884, II. Teil, S. 112. Bartl, Der Civil-Ingenieur 1885, S. 312. Studien über die Wirkung der Eisenbahnwagen-Bremsen, 1887, S. 15 des Sep.-Abdruckes. — Schweizerische Bauzeitg. 1885, S. 19. Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1889, S. 72 u. 119.

[4]) Lorenz, Lehrbuch der technischen Physik, 1902, Bd. I, S. 407.

Digitized by Google

überschritten, so verkleinert sich die Schienenreibung nach Maßgabe der größer werdenden Pressung auf die Bremsklötze, bis sie im Momente des gänzlichen Vernichtens der Rotation auf ein Maß sinkt, welches trotz weitergehender Pressung sich nicht mehr verkleinert. Diese Größe der Schienenreibung stellt sich dann ein, wenn an Stelle des Rollens das Gleiten eingetreten ist. — Die Schienenreibung der Rollgrenze ist größer. Wie groß sie ist, wird sich wohl mit Sicherheit nie angeben lassen, weil der Grad der Zwangläufigkeit, welchen man Rollgrenze nennt, nicht genau definiert werden kann.

5. Maß der bremsenden Kraft.

Es wurde bereits gesagt, daß man innerhalb gewisser Grenzen bei ein und demselben Gewichte des Wagens eine beliebig große Menge von Schienenreibung zu erzeugen vermag. Wird die Rotation der Räder eines auf der Schiene fortschreitenden Eisenbahnwagens durch nichts behindert, so erzeugt jede Tonne des Wagengewichtes die geringste Schienenreibung. Wird dagegen die Rotation der Räder insoweit erschwert, daß dieselben im Zustande der Rollgrenze fortschreiten, so erzielt man auf der Schiene die größte Reibung, welche überhaupt erhältlich ist.

Zu einem Maße für die Größe der Reibung führt die nachstehende Überlegung:

Die Größe der Reibung wird, wie die Größe einer jeden der Bewegungsrichtung entgegen wirkenden Kraft, gemessen durch das Produkt aus bewegter Masse und der Verzögerung, welche diese Masse infolge Wirkung jener hemmenden Kraft erleidet.

Würde man beispielsweise wissen, daß die Verzögerung des Bremslaufes eines Wagens $^5/_4$ m in jeder Sekunde beträgt, so wäre, da die Masse einer Tonne Gewicht eines bewegten Eisenbahnwagens, wie bereits gesagt, 108 ist, die auf eine Tonne Wagengewicht entfallende Schienenreibung $108 \times {}^5/_4 = 135$ kg.

Es kommt also darauf an, die Verzögerung kennen zu lernen, welche durch Bremsen der Wagen erzielt wird. Die Größe dieser Verzögerung wird also das Maß sein, mit welchem die Reibung zu messen wäre.

Die Größe der Verzögerung läßt sich stets aus der Länge des Weges berechnen, welchen der gebremste Zug bis zum Stillstande durchlaufen und der Geschwindigkeit, welche er zu Beginn des Bremsens hatte. Die betreffende Rechnung ist einfach und erfolgt in folgender Weise:

Rollt der Zug in dem Augenblicke, in welchem gebremst wird, mit einer Geschwindigkeit von c Meter pro Sekunde und beträgt seine auf Kilogramme bezogene, auf eine Tonne seines Gewichtes entfallende Masse m, so hat der Zug im Momente des Bremsens eine Energie von:

$$\frac{m \cdot c^2}{2}$$

Meterkilogramm. Hat der Zug vom Augenblicke des Bremsens bis zum Stillstande einen Weg von A Meter durchlaufen, und die Schienenreibung, welche während dieser Auslaufsbewegung hemmend auftrat, beträgt für jede Tonne des Zuggewichts s Kilogramm, so beträgt die Reibungsarbeit:

$$s \cdot A$$

Meterkilogramm. Da der Zug infolge eben dieser Reibungsarbeit zum Still-

stande kam, so wurde seine Energie durch diese Arbeit voll aufgezehrt, — vernichtet —. Es besteht daher die Gleichung:

$$s \cdot \Delta = \frac{m c^2}{2}.$$

Bezeichnet p die in Meter pro Sekunde ausgedrückte Verzögerung des Bremslaufes, so ist dem Gesagten zufolge:

$$s = m \cdot p.$$

Substituiert man aber diesen Wert von s in die obige Bedingungsgleichung, so erhält man:

$$\Delta \cdot p = \frac{c^2}{2}.$$

Drückt man die Anfangsgeschwindigkeit des Zuges nicht in Meter pro Sekunde, sondern in Kilometer pro Stunde aus, so hat man, sobald V die in diesem Maße ausgedrückte Geschwindigkeit bezeichnet, in die vorstehende Gleichung zu setzen:

$$c = \frac{V}{3 \cdot 6},$$

wodurch diese Gleichung in die folgende übergeht:

$$p = \frac{V^2}{26 \cdot \Delta}.$$

Nach dieser Formel kann also die Verzögerung des Bremslaufes stets berechnet werden, sobald die Anfangsgeschwindigkeit und der Bremsweg des Zuges bekannt sind. Würde beispielsweise ein mit 60 km pro Stunde fahrender Eisenbahnzug gebremst werden, und würde er nach vollzogenem Bremsen noch 120 m weit sich bewegt haben, so betrüge die Verzögerung seines Bremslaufes

$$p = \frac{60 \times 60}{26 \times 120} = 1 \cdot 15$$

Meter pro Sekunde. Die Größe der Schienenreibung, welche während des Bremslaufes hemmend gewirkt hatte, beträgt daher, da $s = m \cdot p$ ist, $s = 108 \times 1 \cdot 15 = 124$ kg für jede Tonne Schienendruck (Wagengewicht).

6. Bremsversuche.

Die Verzögerung des Bremslaufes ist das Maß für die Größe der Schienenreibung. Da aber die Verzögerung, welche durch Bremsen hervorgerufen wird, der Länge des Bremsweges umgekehrt proportional ist, so braucht man bei gegebener Verzögerung nur die Bremswege kennen zu lernen, um ein Maß für die Schienenreibung zu erhalten. Aus diesem Grunde wurden auf Eisenbahnen seit jeher die Bremswege gemessen. Im Nachstehenden sollen diesbezügliche Daten angeführt werden.

Über Veranlassung des Technischen Ausschusses der Kommission, welche seitens des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen für Zwecke der Prüfung technischer und Betriebsangelegenheiten eingesetzt wurde und im Jahre 1903 zu Konstanz getagt hatte, wurden seitens verschiedener Eisenbahn-

verwaltungen viele Tausende von Bremsversuchen auf Gefällen von 0—25‰ durchgeführt, welche Versuche sämtlich den Zweck hatten, jene Distanzen zu ermitteln, auf welche gebremste Eisenbahnzüge mittels Handbremsen zum Stillstande gebracht würden.

Die nachstehende, im Jahre 1905 veröffentlichte Tabelle[1]) enthält die Distanzen, auf welche hin Züge angehalten wurden, sobald 44% ihres Gewichtes gebremst wurden, sowie die Anfangsgeschwindigkeiten, welche diese Züge zu Beginn des Bremsens hatten.

Die den angegebenen Anfangsgeschwindigkeiten und Anhaltedistanzen entsprechenden Verzögerungen des Bremslaufes wurden nach der bereits abgeleiteten Formel berechnet und sind in dieser Tabelle ersichtlich gemacht.

V	$\varDelta$	p
20	210	0·08
25	310	0·08
30	400	0·09
35	440	0·11
40	680	0·09
45	470	0·18
50	590	0·17
55	460	0·27
60	520	0·28

In dieser Tabelle bezeichnet:

V . . . Rollgeschwindigkeit des Zuges im Augenblicke des Anlegens der Bremse, gemessen in Kilometer pro Stunde,

$\varDelta$ . . . Bremsweg in Meter d. i. die Distanz, welche der gebremste Eisenbahnzug bis zum Stillstande durchlaufen hatte,

p . . . Verzögerung des Bremslaufes, gemessen in Meter pro Sekunde.

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß ein Zug, welcher im Momente des Anlegens der Bremse mit 40 Kilometer pro Stunde rollte, nach Durchlaufen eines Weges von 680 m zum Stillstand kam. Während des Bremslaufes hat sich die Geschwindigkeit desselben in jeder Sekunde um 0·09 m, d. i. um 9 cm verringert.

Die zahlreichen Versuche, welche seitens der Direktion der Bayerischen Staatsbahnen in den Jahren 1903 und 1904 in den Strecken Traunstein—Freilassing und München—Freilassing mit Westingshouse-Bremsen durchgeführt wurden, sind gleichfalls berühmt. Die Ergebnisse dieser Versuche enthält die Zusammenstellung auf nächster Seite.[2])

In dieser Tabelle wurde unter i das Gefälle in ‰ angegeben, auf welchem die betreffenden Versuche gemacht wurden. Man sieht, daß die Verzögerungen des Bremslaufes auch hier sehr gering sind. Die größte derselben betrug nämlich nur 54 cm in der Sekunde.

---

[1]) V. Bericht des Unterausschusses für Überprüfung der Bremsbestimmungen usw. München 1906, Anlage IV.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1904, S. 87.

i	*V*	*Δ*	*p*	*i*	*V*	*Δ*	*p*
10	31·2	156	0·25	10·5	50·6	280	0·36
2·5	31·3	228	0·17	10·5	50·8	288	0·32
3·1	32·0	200	0·20	10	51·0	819	0·12
10	33·3	234	0·19	10·4	51·0	267	0·39
10	33·4	178	0·25	10·5	51·1	327	0·32
10	33·9	220	0·21	10·4	51·4	278	0·38
10	39·1	202	0·30	10·5	51·4	312	0·34
10	40·0	200	0·32	2·5	51·5	260	0·39
10	41·0	205	0·31	10·5	51·6	315	0·34
3·3	41·2	278	0·24	3	52·0	200	0·54
10	42·0	318	0·22	10	52·0	432	0·25
10	42·5	294	0·25	10	52·0	316	0·34
3·1	42·8	276	0·27	10·5	52·2	322	0·33
10	43·0	290	0·25	10·4	52·3	317	0·34
10	43·1	235	0·31	10	52·6	367	0·30
10	43·2	271	0·27	10·4	52·6	352	0·31
10·5	44·3	275	0·28	10	52·6	280	0.38
0	45·2	178	0·46	10·4	52·7	310	0·36
4	49·7	317	0·31	10·4	53·0	456	0·25
10	50·0	532	0·19	10·7	53·4	267	0·42
10·5	50·0	617	0·16	10	54·8	232	0·52

Ähnliche Verzögerungen des Bremslaufes weisen Versuche aus, welche über Anordnung des kgl. Preußischen Eisenbahnministeriums in der Strecke Hannover—Spandau im Jahre 1905 durchgeführt wurden. Diese Versuche lehren, daß bei einer stündlichen Fahrgeschwindigkeit von 130 km vollgebremste Eisenbahnzüge erst nach Durchlaufen von 1400 m zum Stehen kamen. Setzt man in die, für die Größe der Verzögerung abgeleitete Formel: $V = 130$, $\Delta = 1400$, so erhält man $p = {}^1/_2$, was besagt, daß auch hier die Verzögerung des Bremslaufes ${}^1/_2$ m pro Sekunde nicht überstieg.

Dies ungefähr sind Verzögerungen, welche bei Bremsversuchen erzielt wurden. Welche Verzögerungen aber die Eisenbahnpraxis bei verkehrenden Zügen anwendet, ist aus den gedachten Versuchen nicht zu ersehen.

Den sichersten Anhaltspunkt zur Beurteilung der Frage: welche Größe der Bremsverzögerung der Verkehrspraxis der Eisenbahnen am besten entspricht, dürfte wohl das Ergebnis jener Beratungen liefern, welche in der seitens des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen zur Prüfung der Bremsfragen eingesetzten Kommission von erfahrenen Eisenbahnfachmännern gepflogen wurden.

Diese, aus Vertretern von 14 Eisenbahnverwaltungen bestehende, im Jahre 1883 zu Berlin tagende Kommission ging von der Annahme aus, daß Eisenbahnzüge nur so stark zu bremsen sind, daß sie durch Antreiben von Handbremsen auf eine Distanz von 600 m zum Stehen kommen[1]).

Durch diese Feststellung war also die der Verkehrspraxis der Eisenbahnen am besten entsprechende Größe der Verzögerung des Bremslaufes der Züge gegeben. Denn diese Größe ergibt sich sofort, sobald in die bereits abgeleitete Formel:

$$p = \frac{V^2}{26 \cdot \Delta}$$

[1]) Bericht über die Verhandlungen der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten, Berlin 1888, S. IV.

für den Bremsweg $\Delta = 600$ gesetzt wird. Hierbei ist jedoch folgendes zu erwägen.

Von der Auslauflänge $\Delta = 600$ m muß jener Weg in Abzug gebracht werden, welcher vom Momente der Signalgebung bis zum Momente des Anlegens der Bremsklötze an die Wagenräder vom Wagen durchlaufen wird, weil dieser Weg im ungebremsten Zustande gemacht wurde, also nicht Bremsweg ist. Diesen Weg nannte man: Bereitschaftsdistanz.

Die Größe der Bereitschaftsdistanz wurde experimentell ermittelt.

Versuche der königlichen Eisenbahndirektion in Bromberg[1]) berechtigen zur Annahme, daß bei Anwendung von Handbremsen — und um solche handelt es sich hier — vom Momente des Ertönens des Bremssignales durchschnittlich 5 Sekunden verfließen,[2]) bevor die Bremsklötze an den Umfang der Räder zum Anliegen kommen.

Beträgt die Rollgeschwindigkeit des Eisenbahnzuges, bei dessen Lokomotive der Dampfzutritt abgesperrt wurde, c m pro Sekunde, so durchläuft der Zug einen Weg von $5 \cdot c$ m im ungebremsten Zustande. Drückt man diese Fahrgeschwindigkeit in Kilometer pro Stunde aus, so würde die Bereitschaftsdistanz nicht $5 \cdot c$, sondern $\frac{5 \cdot V}{3 \cdot 6} = 1 \cdot 4 \cdot V$ oder rund $^3/_2$ V m betragen[3]).

Manche Eisenbahndirektionen weichen von der Annahme der Kommission insofern ab, als sie auf Grund ihrer Erfahrungen die Länge der Bereitschaftsdistanz auf mehr als auf $^3/_2 \cdot V$ m veranschlagen[4]). Die Bremsformeln, welche seitens der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten dem Vereine deutscher Eisenbahnverwaltungen zur Annahme vorgeschlagen wurden, enthalten indessen die Angabe $^3/_2 \cdot V$. Aus diesem Grunde soll diese Größe für die Bereitschaftsdistanz der nachfolgenden Rechnung zugrunde gelegt werden.

Der tatsächlich durchlaufene Bremsweg beträgt daher

$$\Delta = 600 - {}^3/_2 \cdot V$$

Meter. Setzt man diesen Wert von Δ in die für die Größe der Verzögerung abgeleitete Formel, so erhält man:

$$p = \frac{V^2}{26\,(600 - {}^3/_2 \cdot V)}$$

Diese Formel liefert die nachstehende Tabelle:

V	Δ	p
30	555	0·07
40	540	0·12
50	525	0·19
60	510	0·28
70	495	0·40
80	480	0·53
90	465	0·70
100	450	0·89

[1]) Der bereits angezogene Kommissionsbericht vom Jahre 1888, S. 10.

[2]) Derselbe Bericht S. 6. — Die großherzogl. Badische Staatsbahn veranschlagt diese Zeit nicht mit 5 sondern mit $7^1/_2$ Sekunden.

[3]) Der angezogene Bericht S. 86.

[4]) In dem Berichte der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten. Berlin 1888, wird seitens der Badischen Staatsbahnen dieser Weg mit $2 \cdot V$ m angenommen, S. 6. Direktor Verderber der Ungarischen Staatsbahnen veranschlagt diesen Weg ebenfalls mit $2\,V$. S. 33 dieses Berichtes.

Die seitens des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen für den regelmäßigen Betrieb nach als zulässig erkannte Verzögerung des Bremslaufes ist, wie aus obiger Tabelle zu ersehen, zwar doppelt so groß als die aus Bremsversuchen der Strecke Hannover—Spandau sich ergebende, beträgt aber trotzdem kaum die Hälfte jener Verzögerung, welche gleitende Räder erleiden können.

7. Verzögerung des Bremslaufes an der Rollgrenze.

Bisher war von jener Verzögerung des Bremslaufes die Rede, welche in der Eisenbahnpraxis angewendet wird. Nunmehr soll nicht mehr von der für den Eisenbahnverkehr als zulässig erkannten, sondern von der größten Verzögerung gesprochen werden, welche durch Bremsen der Züge, bei Versuchsfahrten erzielt wurde.

Wichert[1]), Eisenbahndirektor in Berlin, fand, daß mit 75 km pro Stunde verkehrende Eisenbahnzüge durch Bremsen auf keine kürzere Distanz als auf etwa 285 m zum Stillstande gebracht werden konnten. Darnach betrüge die Höchstverzögerung, welche auf Eisenbahnen erreicht wurde:

$$p = \frac{V^2}{26 \cdot \Delta} = \frac{75^2}{26 \times 285} = {}^3/_4$$

Meter pro Sekunde, während die Verzögerung, welche ein in die Höhe geworfener Stein durch die Schwerkraft erleidet, 9·81 m beträgt, also 13mal größer ist.

Zu demselben Resultate führten die Bremsversuche der Österreichischen Staatsbahnen, welche auf Anordnung des k. k. Eisenbahnministeriums im Jahre 1901 durchgeführt wurden. Aus dem Berichte[2]) über diese Versuche, welchem Berichte Schaulinien beigegeben worden waren, ist zu entnehmen, daß die kürzeste Anhaltedistanz auf horizontaler Bahn, bei einer Geschwindigkeit von V Kilometer pro Stunde, im Mittel:

$$\Delta = \frac{V^2}{20}$$

Meter betrug. Setzt man diesen Wert von Δ in die obengedachte Grundformel für die Bremsverzögerung, so erhält man $p = {}^3/_4$, also nahezu denselben Wert, welchen Wichert erhalten hatte.

Um die Wirkung der selbsttätigen Luftdruckbremse Körtings zu prüfen, wurde seitens der Schweizerischen Gotthardbahn im Jahre 1885 eine große Reihe von Probefahrten ausgeführt. Die nachstehende Zusammenstellung enthält jene Daten dieser zahlreichen, mit einer außergewöhnlichen Sorgfalt durchgeführten Versuche, welche zur Berechnung der durch Bremsen erzielten Verzögerung dienen. In diese Zusammenstellung ist auch die Zeit t (gemessen in Sekunden) aufgenommen, welche gebremste Züge für ihren Lauf vom Momente des Bremsens bis zum Stillstande gebraucht haben.

---

[1]) Glasers Annalen für Gewerbe- und Bauwesen 1886, Nr. 221, S. 87.

[2]) Zum Berichte ad E. M. Zal 38890 ex 1901. Bestimmungen der Bremswege.

Digitized by Google

Die Berechnung der Verzögerung p erfolgte nach einer der Formeln:

$$p = \frac{V^2}{26 \cdot \Delta} \quad \text{oder} \quad p = \frac{2 \cdot \Delta}{t^2}$$

V	t	Δ	p
39·6	16·5	116	0·85
40·3	11	75	1·24
43·0	14	127	1·26
44·0	12	103	1·43
45·5	12	96	1·33
48·4	17	126	0·86
50·4	18	125	0·86
50·7	16	153	1·20
51·6	18	193	1·19
54·8	20	176	1·09
55·1	17	161	1·11
57·0	16·5	160	1·17
58·6	19	97	1·09
60·0	16	188	1·46
60·2	18	186	1·21
64·8	17	172	1·18

Die höchste Verzögerung erreichte also nicht einundeinhalb Meter, sie betrug nur 1·46 m pro Sekunde.

Gewissermaßen als Fortsetzung dieser Versuche können die Ergebnisse der Versuchsfahrten gelten, welche seitens der Österreichischen Eisenbahnbetriebs-Direktion Lemberg im Jahre 1902 durchgeführt wurden. Die diesfälligen Daten enthält die nachstehende Zusammenstellung:

V	Δ	p
72	337	0·62
73	416	0·60
77	337	0·75
79	428	0·58
85	442	0·65
87	407	0·75
89	445	0·69
91	518	0·61

Die größte bei diesen Versuchen erzielte Verzögerung des Bremslaufes betrug also nur $^3/_4$ m pro Sekunde.

Zum Schlusse soll der Versuche gedacht werden, welche mit der schnellsten aller Bremsen durchgeführt wurden. Es sind dies die seitens der königlichen Direktion der Militärbahn Berlin-Jüterbog mit kontinuierlichen Luftdruckbremsen mit elektrischer Steuerung im Jahre 1901 durchgeführten Versuche[1]).

[1]) Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1901, Nr. 578, S. 49—51.

Die Ergebnisse derselben sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

V	Δ	p	Anmerkung
24	31	0·74	Wind
25	21	1·19	Sturm
25	31	0·81	Heiter
39	96	0·64	„
41	61	1·10	Schneetreiben
46	91	0·93	Sturm
48	153	0·70	Wind
57	137	0·95	Sturm
57	154	0·90	Heiter
59	126	1·10	Schneetreiben
60	265	0·55	Wind
64	119	1·37	Schneetreiben
69	166	1·15	„

Die Höchstverzögerung betrug also hier etwas über $^4/_3$ m pro Sekunde.

Aus diesen, sowie aus vielen andern hier nicht aufgeführten Versuchen geht hervor, daß die Höchstverzögerung, welche der Lauf der Eisenbahnzüge durch Bremsen erlitten hat, nirgends anderthalb Meter pro Sekunde überstieg. Dieses Ergebnis berechtigt zur Annahme, daß eine Verzögerung von $p = {}^3/_2$ m pro Sekunde die größte ist, welche erreicht werden konnte, daß sie also möglicherweise die Verzögerung der Rollgrenze ist.

Ist diese Schlußfolgerung richtig, so muß jede Vergrößerung des Klotzdruckes über dieses Maß eine kleinere Verzögerung als $^3/_2$ m bewirken. Eine Vergrößerung des Klotzdruckes über jenes Maß, welches der Rollgrenze entspricht, muß aber ein Gleiten der Räder hervorrufen. Die Verzögerung der gleitenden Reibung muß daher kleiner sein als $^3/_2$ m. Und in der Tat scheint es so zu sein. Es wird ja, wie bereits gesagt, allgemein angenommen, daß der Beiwert der gleitenden Reibung im Mittel 150 kg betrage. Dieser Schienenreibung entspricht aber eine Verzögerung des Bremslaufes von

$$p = \frac{150}{108} = 1{\cdot}39$$

also eine geringere Verzögerung als 1·5 m/sek.

8. Schienenreibung an der Rollgrenze.

Die Verzögerung des Bremslaufes, durch welche ein derartiges Behindern der Rotation der Wagenräder entsteht, daß dieselben im Zustande der Rollgrenze rollen, beträgt, wie soeben gezeigt wurde, ungefähr $^3/_2$ m pro Sekunde. Die Schienenreibung, welche dieser Verzögerung entspricht, beträgt somit

$$108 \cdot {}^3/_2 = 162$$

Kilogramm, oder rund 160 kg für jede Tonne des Wagengewichtes (für jede Tonne Schienendruck). Bezeichnet r die Schienenreibung der Rollgrenze und wird sie in Kilogramm gemessen, so erzeugt jede Tonne eines derart gebremsten Wagens, dessen Räder an der Rollgrenze sich befinden, eine Schienenreibung

$$r = 160$$

Kilogramm.

Digitized by Google

Wird ein Wagen so gebremst, daß seine Räder an der Schiene eine Reibung finden, welche für jede Tonne des Wagengewichtes 160 kg beträgt, so soll gesagt werden, daß der Wagen vollgebremst sei.

Nebenbei möchte ich bemerken, daß die Versuche des Eisenbahndirektors Wichert, deren bereits gedacht wurde, die Annahme rechtfertigen, daß die Reibung an der Rollgrenze in der Tat nicht größer ist, als soeben angegeben wurde. Diese Versuche ergaben nämlich, daß die kürzeste Distanz, auf welche hin vollständig gebremste Eisenbahnzüge auf horizontaler Bahn zum Stillstande gebracht werden konnten, ungefähr $\left(\frac{V^2}{39}\right)$ oder rund $\left(\frac{c^2}{3}\right)$ Meter betrug, sobald ihre Rollgeschwindigkeit im Momente des Anlegens der Bremsen V Kilometer pro Stunde oder c Meter pro Sekunde war.

Die Energie, welche ein rollender Zug in jenem Momente besitzt, in welchem seine Rollgeschwindigkeit c Meter pro Sekunde beträgt, wird durch die Formel:

$$\frac{m \cdot c^2}{2}$$

ausgedrückt. Diese Energie beträgt so viele Meterkilogramm, wenn die Masse m einer Tonne Gewicht des Zuges auf Kilogramme bezogen wird. Da aber, wie bereits gesagt, die Masse einer Tonne rollenden Wagengewichtes 108 ist, so hat der Zug im Augenblicke, in welchem er gebremst wird, eine Energie von:

$$\frac{108}{2} c^2 = 54 \cdot c^2$$

Meterkilogramm. Diese Energie (lebendige Kraft) muß durch die Arbeit der hemmenden Kraft K der Bremsen vernichtet werden, sobald der Zug auf die Distanz von $\varDelta$ Meter zum Stehen kommen soll. Die Arbeit, welche die bremsende Kraft K zu leisten hat, wenn durch ihre Tätigkeit der Zug zum Stillstande gebracht werden soll, beträgt daher:

$$K \cdot \varDelta$$

Meterkilogramm, sobald K in Kilogramm, $\varDelta$ in Meter gemessen wird.

Es besteht demnach die Relation:

$$K \cdot \varDelta = 54 \cdot c^2.$$

Da aber Wicherts Versuche lehrten, daß $\varDelta = \frac{c^2}{3}$, so hat man die Gleichung:

$$\frac{K \cdot c^2}{3} = 54 \cdot c^2,$$

woraus sich ergibt: $K = 162$, also gerade jene Größe von Schienenreibung, von welcher angenommen wurde, daß sie der Rollgrenze entspricht.

9. Die Backenreibung.

Es wurde gezeigt, daß zum Vollbremsen einer Zuglast von einer Tonne 160 kg Schienenreibung erforderlich sind. Nunmehr soll dargetan werden, auf welche Weise dieser Betrag an Schienenreibung erzeugt werden kann.

Das Grundgesetz des Bremsens fordert, daß stets soviel Backenreibung hergestellt werde, als die zu erzeugende Schienenreibung beträgt. Ist also die Größe dieser letzteren gegeben, so ist damit auch schon die Größe der zu erzeugenden Backenreibung bestimmt.

Um die zum Vollbremsen einer Tonne rollenden Zuggewichtes erforderliche Backenreibung zu erzeugen, muß man wissen, wieviel Backenreibung

entsteht, wenn die Bremsklötze mit der Kraft einer Tonne an die Räder des Wagens gepreßt werden. Man muß also wissen, wieviel Kilogramme Backenreibung eine Tonne Klotzdruck erzeugt. Diese Größe der Backenreibung soll Beiwert der Backenreibung genannt werden.

Die Ansicht, daß der Beiwert der Backenreibung eine Konstante sei, d. h. daß die Größe der durch eine Tonne Klotzdruck entstehenden Backenreibung von der Rollgeschwindigkeit des zu bremsenden Wagens nicht abhängt, war noch im letzten Fünftel des 19. Jahrhunderts allgemein verbreitet. — Alle Versuche, welche bezüglich der Backenreibung angestellt wurden, zielten darauf hin, die absolute Größe dieser Konstanten festzustellen.

So wurde beispielsweise dem Unterausschusse der Technikerversammlung, welcher 1883 zu Berlin tagte, seitens des Oberbaurates der großherzoglich Badischen Eisenbahn, Herrn Klingel, für die Größe des Beiwertes der Backenreibung die auf Kilogramm sich beziehende Ziffer 125 empfohlen[1]). Dieser Vorschlag wurde jedoch seitens des Unterausschusses nicht angenommen, weil ältere Versuche vorlagen, welche lehrten, daß die Größe des Beiwertes der Backenreibung von der Rollgeschwindigkeit des Rades abhänge, diese Versuche daher nicht übersehen werden durften.

Die auf der London-Brighton Eisenbahn durch Kapitän Douglas Galton[2]) mit vollendeten Einrichtungen in den Jahren 1878 und 1879 durchgeführten Versuche zeigten nämlich eine Abhängigkeit des gedachten Beiwertes von der Rollgeschwindigkeit. Diese Versuche durften namentlich schon deshalb nicht übergangen werden, weil sie die ersten waren, bei welchen zum Messen des Druckes auf die Bremsklötze (des Klotzdruckes) der zwischen Bremsbacken und Radumfang geweckten Backenreibung, sowie der Rollgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge mechanische Vorrichtungen zur Verwendung gelangten, welche die Möglichkeit einer direkten und sehr genauen Messung der fraglichen Werte boten.

In der nachfolgenden Tabelle sind die aus 774 Versuchen Galtons abgeleiteten Ergebnisse bezüglich der Reibung von Gußeisen auf Stahl bei trockenen Oberflächen wiedergegeben[3]).

Fahrgeschwindigkeit in Kilometern pro Stunde	Die Backenreibung beträgt im		
	Maximum	Minimum	Mittel
	pro Tonne Druck auf die Bremsklötze Kilogramm		
96·559	123	58	74
88·877	136	60	111
80·100	153	50	116
72·418	179	83	127
64·739	194	88	140
55·958	197	87	142
48·280	196	98	164
40·050	205	108	166
31·820	240	133	192
24·138	280	131	213
15·908	281	161	242
12·071	325	123	244
0	—	—	330

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1889, S. 73.

[2]) Proceedings of the Eng. 1878, S. 467. — Engineering 1879, Bd. 27, S. 371. — Der Civil-Ingenieur 1882, S. 211.

[3]) Der Civil-Ingenieur 1882, S. 212.

Digitized by Google

Bei einer Rollgeschwindigkeit von 40 km pro Stunde erzeugt darnach jede Tonne des auf sämtliche Bremsklötze eines Wagens ausgeübten Druckes eine Backenreibung, welche durchschnittlich 166 kg beträgt. Fährt der Zug doppelt so schnell, so sinkt bei demselben Klotzdruck der Beiwert der Backenreibung auf 116 kg.

Gegen diese Resultate wurde der Einwand erhoben, daß es nicht zweckmäßig sei, diese Werte den Berechnungen für die Anzahl der den Zügen beizugebenden Bremsen zugrunde zu legen, weil diese Ziffern unter Verhältnissen gewonnen wurden, die nicht überall bekannt sind und vielleicht nicht überall bestehen.[1]) Es wäre entsprechender, diesen Versuchen nur die Tatsache zu entnehmen, daß bei größeren Geschwindigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen der Koeffizient der Backenreibung abnimmt, also die allbewährten Ziffern danach abzuändern.

In der Absicht, die erforderlichen Abänderungen vorzubereiten, machte Verderber,[2]) Direktor der Ungarischen Staatsbahnen, auf diesen Bahnen eine große Reihe entsprechender Versuche. Diese, mit großer Sorgfalt und vielem Geschick in großer Zahl angestellten Versuche bestätigten aber die englischen Angaben auf das Genaueste und beseitigten somit alle Bedenken, welche bezüglich derselben erhoben wurden. Mit Rücksicht auf diese Tatsache sollen den folgenden Darlegungen Galtons Versuchsergebnisse zugrunde gelegt werden.

Um dies aber tun zu können, muß erwogen werden, daß die Geschwindigkeit eines sich selbst überlassenen gebremsten Wagens, während der ganzen Dauer seines Bremsweges, sich fortwährend ändert, daß also das Gesetz dieser Änderung gesucht werden muß, d. h. man muß den Zusammenhang der in der letzten Spalte der vorstehenden Tabelle ersichtlich gemachten Reibungsbeiwerte mit den zugehörigen Rollgeschwindigkeiten aufsuchen, da dieser Zusammenhang aus der Tabelle nicht zu entnehmen ist.

Den Professoren Franke[3]) in Lemberg und Fliegner[4]) in Zürich gelang es, analytische Ausdrücke aufzustellen, welche diesen Zusammenhang ersichtlich machen.

Bezeichnet y den variablen Reibungsbeiwert gemessen in Kilogramm, x hingegen die diesem Beiwerte zugehörige gleichfalls veränderliche Rollgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde, so fand Franke:

$$y = 290 \cdot e^{-\left(\frac{x}{25}\right)},$$

Fliegner hingegen:

$$y = \frac{4096}{12{\cdot}46 + x}.$$

In Frankes Formel bezeichnet e die Basis des natürlichen Logarithmensystems, es ist also: $e = 2{\cdot}718\,..$

Da beide Formeln Galtons Versuchsergebnisse gleich gut wiedergeben, Frankes Formel aber in der Rechnung bequemer ist, so soll im folgenden diese Formel verwendet werden.

[1]) Bericht der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten. Berlin 1888, S. 39.

[2]) Bericht der technischen Kommission für Betriebsangelegenheiten. Berlin 1888, S. 23.

[3]) Der Civil-Ingenieur 1882, S. 205.

[4]) Schweizerische Bauzeitung 1885, S. 19.

Frankes Formel lehrt, daß, wenn der Zug mit einer Geschwindigkeit von 90 km pro Stunde ($x = 25$) fährt, jede Tonne des auf sämtliche Bremsklötze eines Wagens ausgeübten Druckes (Klotzdruckes) zwischen Bremsbacken und Radumfang 108 kg Reibung erzeugt, daß aber die Backenreibung auf 176 kg steigt, sobald die Fahrgeschwindigkeit um die Hälfte sinkt, sowie daß sie bei der Fahrgeschwindigkeit Null den Höchstwert von 290 kg erreicht.

Drückt man x statt in Metern pro Sekunde, wie es Frankes Formel verlangt, in Kilometer pro Stunde aus, so nimmt diese Formel folgende Gestalt an:

$$y = 290 \cdot e^{-\left(\frac{x}{90}\right)}.$$

Setzt man in dieser Formel für x verschiedene Werte, so erhält man die nachstehende Zusammenstellung.

Jede Tonne des auf sämtliche Bremsklötze eines Eisenbahnwagens ausgeübten Druckes erzeugt bei der Rollgeschwindigkeit

10	km	pro	Stunde	eine	Backenreibung	von	179 kg
15	„	„	„	„	„	„	169 „
20	„	„	„	„	„	„	160 „
25	„	„	„	„	„	„	151 „
30	„	„	„	„	„	„	143 „
35	„	„	„	„	„	„	136 „
40	„	„	„	„	„	„	128 „
45	„	„	„	„	„	„	121 „
50	„	„	„	„	„	„	115 „
55	„	„	„	„	„	„	109 „
60	„	„	„	„	„	„	103 „
65	„	„	„	„	„	„	97 „
70	„	„	„	„	„	„	92 „
75	„	„	„	„	„	„	87 „
80	„	„	„	„	„	„	82 „
85	„	„	„	„	„	„	78 „
90	„	„	„	„	„	„	74 „

10. Mittlere Größe des Beiwertes der Backenreibung.

Wird ein mit einer gewissen Geschwindigkeit rollender Wagen gebremst und dann seinem Schicksale überlassen, so wird er nach Durchlaufen eines gewissen Weges stehen bleiben. Seine Rollgeschwindigkeit wird daher von ihrem Anfangswerte allmählich auf Null sinken, wird also während dieser Zeit unendlich viele Werte annehmen.

Einem jeden dieser Werte entspricht aber, nach dem bereits Gesagten, ein anderer Wert von Backenreibung. Jede dieser Backenreibungen ist während des Laufes des gebremsten Wagens nur auf einem unendlich kurzen Wege tätig. Die Summe dieser unendlich vielen, unendlich kleinen Reibungsarbeiten ist gleich dem Produkte aus einem gewissen Mittelwert der Backenreibung und dem Weg, welchen der gebremste Wagen bis zum Stillstande durchlaufen hatte.

Da man die Länge dieses Weges kennt, so läßt sich der Mittelwert der Backenreibung ohne weiteres berechnen.

Digitized by Google

Der Mittelwert einer Funktion $y = f(x)$, welchen sie annimmt, wenn die unabhängige Variable x vom Anfangswerte $x = c$ bis zum Endwerte $x = 0$ abnimmt, erhält man, wenn man die Quadratur der Kurve, welche diese Funktion darstellt, durch die Basis dividiert, welche zwischen Anfangs- und Endpunkt der Kurve auf der Abszissenachse liegt.

Wenn beispielsweise nach dem Mittelwerte aller Sinusse gefragt wird, welche in einem Viertelkreise liegen, so braucht man nur die Quadratur des Viertelkreises durch seinen Halbmesser zu dividieren, um den fraglichen Mittelwert zu erhalten. Die Quadratur des Viertelkreises vom Halbmesser r beträgt $\left(\frac{r^2 \cdot \pi}{4}\right)$. Der Mittelwert aller Sinusse ist dabei:

$$\frac{r^2 \cdot \pi}{4} : r = \frac{r \pi}{4}$$

oder falls $r = 1$, der Mittelwert: $\frac{\pi}{4} = 0{\cdot}78$ m.

Ist nun $y = f(x)$ die Gleichung der betreffenden Kurve, so beträgt die Quadratur derselben:

$$\int_0^c y \cdot d\,x,$$

der Mittelwert aller Ypsilone daher:

$$\frac{\int_0^c y\,d\,x}{(c - 0)} = \frac{1}{c} \int_0^c y\,d\,x.$$

Im vorliegenden Falle hat die Funktion, welche den Zusammenhang zwischen der Rollgeschwindigkeit x und dem Beiwert y der Backenreibung darstellt, die Form:

$$y = 290 \cdot e^{-\left(\frac{x}{25}\right)}.$$

Der Mittelwert b der Backenreibung findet sich daher aus der Gleichung:

$$b = \frac{290}{c} \int_0^c e^{-\left(\frac{x}{25}\right)} \cdot d\,x,$$

sobald c die Geschwindigkeit bezeichnet, welche der zu bremsende Wagen im Momente des Anlegens der Bremse (zu Beginn des Bremsens) hat, gemessen in Meter pro Sekunde, und wenn der Wagen bis zu seinem Stillstande ($c = 0$) läuft.

Nun ist aber:

$$\int_0^c e^{-\left(\frac{x}{25}\right)} \cdot d\,x = 25 \left|1 - e^{-\left(\frac{c}{25}\right)}\right|$$

Entwickelt man die Exponentialgröße $e^{-\left(\frac{c}{25}\right)}$ in eine Reihe und behält

von derselben die ersten drei Glieder, was ja wegen der starken Konvergenz dieser Reihe tunlich ist, so erhält man:

$$\left[1 - e^{-\left(\frac{c}{25}\right)}\right] = \frac{c}{25}\left(1 - \frac{c}{50}\right).$$

Mit Rücksicht hierauf erhält man für den fraglichen Mittelwert:

$$b = 6\,(50 - c)\,.$$

Hier bezeichnet also b den Mittelwert jener Backenreibung, welcher einem Klotzdruck von 1 t entspricht, ausgedrückt in Kilogramm. Weiter ist c die Anfangsgeschwindigkeit des Wagens, d. i. die Geschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde, welche der Wagen zu Beginn des Bremsens hatte. Wurde beispielsweise der Wagen im Augenblicke gebremst, als seine Geschwindigkeit 20 m pro Sekunde (72 km pro Stunde) betrug, so beträgt der mittlere Wert der Backenreibung während des Bremslaufes: $b = 6\,(50 - 20) = 180$ kg für eine jede Tonne Klotzdruck.

Drückt man die Anfangsgeschwindigkeit (Geschwindigkeit des Wagens zu Beginn des Bremsens) statt in Meter pro Sekunde in Kilometer pro Stunde aus und bezeichnet V die in diesem Maße ausgedrückte Geschwindigkeit, so erhält man die nachfolgende Tabelle:

Für jede Tonne Klotzdruck beträgt der mittlere Wert jener Backenreibung, welche während des Bremsweges tätig ist,	
bei der Anfangsgeschwindigkeit von Kilometer pro Stunde	Kilogramm
20	272
30	250
40	230
50	216
60	200
70	183
80	167
90	150
100	132

Wird ein Wagen in dem Augenblicke gebremst, in welchem er mit einer Geschwindigkeit von 60 km pro Stunde rollt, und läuft er bis zum Stillstande, so nimmt die pro Tonne Klotzdruck entfallende Backenreibung von dem Anfangswerte 103 bis zum Endwerte 290 kg stetig zu. Der Mittelwert der unendlich vielen Zahlen, welche zwischen 103 und 290 liegen, beträgt laut obiger Tabelle 200. Es ist dies also gerade so, als wenn die Backenreibung während der ganzen Dauer des Bremslaufes sich nicht verändert, sondern einen konstanten Wert von 200 kg gehabt hätte.

11. Der Klotzdruck.

Will man die Räder eines Eisenbahnwagens in jenem Zustande erhalten, in welchem der betreffende Wagen auf der Schiene eine Gesamtreibung von S Kilogramm findet, so müssen die Bremsklötze dieses Wagens

Digitized by

unter eine Gesamtpressung gestellt werden, welche gleichfalls S Kilogramm beträgt (Punkt 3). Wiegt der zu bremsende Wagen W Tonnen, und erzeugt jede Tonne dieses seines Gewichtes (jede Tonne des Schienendruckes) auf der Schiene eine Reibung von s Kilogramm, so beträgt die gesamte Schienenreibung $W \cdot s$ Kilogramm. Ebensoviel Backenreibung muß sonach durch Druck der Bremsklötze am Umfange der Räder erzeugt werden.

Stehen sämtliche Bremsklötze dieses Wagens unter einem Gesamtdruck von D Tonnen, und erzeugt jede Tonne dieses Klotzdruckes auf dem Radumfange b Kilogramm Backenreibung, so beträgt der Gesamtbetrag der Backenreibung $D \cdot b$ Kilogramm. Da aber diese beiden Reibungen gleich groß sein müssen, so besteht die Relation:

$$W \cdot s = D \cdot b,$$

aus welcher man erhält:

$$\frac{D}{W} = \frac{s}{b}.$$

Klotzdruck (D) und Schienendruck (W) stehen also beim gebremsten Wagen im umgekehrten Verhältnisse der Beiwerte jener Reibungen, welche sie erzeugen. Da aber der Ausdruck $\left(\frac{D}{W}\right)$ nichts anderes ist als der pro Tonne Wagengewicht (Schienendruck) entfallende Klotzdruck, so hat man, sobald dieser Klotzdruck mit d bezeichnet wird, die Relation:

$$d = \left(\frac{s}{b}\right),$$

welche besagt, daß die Größe des zum Bremsen eines Wagens erforderlichen, für jede Tonne seines Gewichtes entfallenden, in Tonnen gemessenen Klotzdruckes durch das Verhältnis der Beiwerte der Schienenreibung zur Backenreibung bestimmt ist.

Würde es sich um ein Vollbremsen handeln, so müßte jede Tonne Schienendruck (Wagengewicht) 160 kg Reibung erzeugen. Es wäre daher für derlei Fälle $s = 160$ zu setzen. Würde man den Wagen in dem Augenblicke bremsen, in welchem er mit einer Geschwindigkeit von 60 km pro Stunde rollt, so müßte der Klotzdruck so gewählt werden, daß durch denselben eine Backenreibung geweckt würde, welche für jede Tonne dieses Druckes 200 kg Reibung beträgt, weil, wie bereits gezeigt, der Anfangsgeschwindigkeit von 60 km pro Stunde ein Mittelwert der Backenreibung von 200 kg entspricht. Man hätte daher in die obige Formel: $b = 200$ zu setzen.

Mit Rücksicht hierauf erhält man für die Größe des zum Vollbremsen erforderlichen Klotzdruckes:

$$d = \frac{160}{200} = {}^4/_5$$

Tonnen, was besagen will, daß man in diesem Falle sämtliche Bremsklötze des zu bremsenden Wagens unter eine Pressung stellen müßte, welche $^4/_5$ des Wagengewichtes beträgt. Würde der Wagen 15 t wiegen, so müßte ein Klotzdruck von $^4/_5 \cdot 15 = 12$ t zur Anwendung gelangen.

Würde man dagegen denselben Wagen in dem Momente vollbremsen wollen, in welchem seine Rollgeschwindigkeit 40 km pro Stunde beträgt, so wäre laut der abgeleiteten Gleichung $b = 230$ zu setzen. Man hätte

dann für die Größe des zum Vollbremsen des Wagens unter solchen Verhältnissen erforderlichen Klotzdruckes:

$$d = \frac{160}{230} = \frac{16}{23}$$

Tonnen. Der zum Vollbremsen eines 15 t schweren Eisenbahnwagens erforderliche Klotzdruck würde daher in diesem Falle:

$$\frac{16}{23} \times 15 = 10 \text{ t}$$

betragen.

Man ersieht also, daß das Verhältnis des Klotzdruckes zum Schienendrucke bei einem und demselben Grade des Bremsens (im angezogenen Falle des Vollbremsens) veränderlich ist. Es hängt nämlich von der Geschwindigkeit ab, welche der zu bremsende Wagen zu Beginn des Bremsens zufällig besitzt.

Handelt es sich um ein Vollbremsen, so erhält man für die Formel, welche den Zusammenhang zwischen Klotzdruck (D), Wagengewicht (W) und Anfangsgeschwindigkeit (c) ausdrückt, wenn man in den allgemein gültigen Ausdruck

$$d = \left(\frac{s}{b}\right)$$

setzt: $s = 160$ und $b = b\,(50 - c)$

Man erhält dann für das fragliche Druckverhältnis:

$$d = \frac{27}{(50 - c)}.$$

Drückt man die Anfangsgeschwindigkeit c statt in Meter pro Sekunde in Kilometer pro Stunde aus und bezeichnet V die in diesem Maße ausgedrückte Anfangsgeschwindigkeit des Wagens, so erhält man

$$d = \frac{97}{(180 - V)}.$$

Setzt man in dieser Formel für V verschiedene Werte, so gelangt man zur nachfolgenden Zusammenstellung:

Geschwindigkeit des Zuges bei Beginn des Bremsens in Kilometer pro Stunde	Zum Vollbremsen erforderlicher Klotzdruck in % des Wagengewichtes
20	60
30	65
40	69
50	74
60	81
70	88
80	97
90	108
100	121

Zum Vollbremsen eines mit 50 km pro Stunde rollenden Wagens bedarf es sonach eines Klotzdruckes, welcher 74% des Wagengewichtes beträgt. Wird der Wagen in dem Momente gebremst, in dem er mit 83 km pro Stunde rollt, so bedarf es zum Vollbremsen desselben laut obiger Formel

Digitized by Google

eines Klotzdruckes, welcher 100 % des Wagengewichtes beträgt. Bei dieser Geschwindigkeit also — aber nur bei dieser — ist der Klotzdruck gleich dem Wagengewichte. Bei dieser Geschwindigkeit werden also, sobald es sich um Vollbremsen handelt, die Beiwerte der Backenreibung und Schienenreibung einander gleich sein. Die Annahme, daß diese Gleichheit bei allen Fahrgeschwindigkeiten besteht[1]), muß daher fallen gelassen werden.

12. Der fixe Klotzdruck.

Es wurde gezeigt, daß der zum Vollbremsen eines Eisenbahnwagens erforderliche Klotzdruck eine veränderliche, von jener Geschwindigkeit abhängige Größe ist, welche der zu bremsende Wagen im Augenblicke des Anlegens der Bremse zufällig besitzt. Zum Vollbremsen eines Wagens im Schnellzuge ist also — im allgemeinen — ein anderer Klotzdruck erforderlich als zum Vollbremsen eines gleich schweren Wagens, der in einem Güterzug eingestellt ist.

Bei Beurteilung der Größe des anzuwendenden Klotzdruckes wird es daher darauf ankommen, wie groß die Fahrgeschwindigkeit ist, bei welcher gebremst wird. Da aber ein und derselbe Wagen bei einem und demselben Zuge verschiedene Geschwindigkeiten annehmen kann, so wäre es wünschenswert, die Bremse dieses Wagens so zu bauen, daß durch Anlegen derselben ein Vollbremsen bei verschiedenen Geschwindigkeiten möglich wird.

Vom Standpunkte des Konstrukteurs unterliegt es keinem Anstande, eine solche verstellbare Bremse (Differenzialbremse) zu entwerfen, und es wurden derlei Bremsen auch tatsächlich gebaut,[2]) doch haben sie sich in der Eisenbahnpraxis nicht behauptet, da sie viel zu wenig einfach waren, um in ihrer Wirkung verläßlich zu sein.

Aber selbst wenn in dieser Richtung nichts auszustellen wäre, hätten derlei Bremsen — praktisch genommen — wenig Wert. Der eine Handbremse bedienende Mann weiß nämlich nicht, welche Geschwindigkeit sein Zug im Momente des Ertönens des Bremssignales eben hat, er ist daher außerstande, den Bremshebel auf jene Geschwindigkeit einzustellen, welche dem Vollbremsen entspricht. Eine verstellbare Bremse wäre daher mindestens überflüssig, weil man von ihrer Verstellbarkeit keinen Nutzen ziehen könnte.

Aber selbst in dem Falle, daß der Bremser von der Größe der augenblicklichen Rollgeschwindigkeit des Zuges unterrichtet wäre, würde eine Differenzialbremse dennoch nur einen zweifelhaften Wert haben, weil der Bremser, um bremsen zu können, vor allem den Hebel auf die betreffende Geschwindigkeit einstellen müßte und erst, nachdem dies geschehen, an das Anlegen seiner Bremse schreiten könnte. Er hätte also bei einer Differenzialbremse um einen Handgriff mehr auszuführen als bei einer gewöhnlichen Bremse. Dies aber hätte zur Folge, daß eine verstellbare Bremse langsamer wirken würde als eine gewöhnliche.

Auch wäre darauf hinzuweisen, daß Handbremsen von verschieden geschickten Männern bedient werden, daß also das Bremsen von Einzeln-

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1888, S. 117 u. 119.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1886, III. Supplementband, S. 3. — Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik Bd. 2, S. 281. — Engineering 1879, S. 372.

wagen niemals gleich stark und zu gleicher Zeit erfolgt — diese Mißlichkeiten aber bei einer komplizierten Bremse weniger leicht beigelegt werden als bei einer einfachen.

Aus diesen und ähnlichen Gründen verzichtet die Eisenbahnpraxis auf die Verstellbarkeit der Bremsen und begnügt sich mit einem fixen, d. h. von der Fahrgeschwindigkeit unabhängigen Klotzdruck.

13. Klotzdruck der Eisenbahnpraxis.

Es wurde bemerkt, daß die Größe des zum Vollbremsen eines Eisenbahnwagens erforderlichen Klotzdruckes von jener Rollgeschwindigkeit abhängt, welche der zu bremsende Wagen im Momente des Antreibens einer Bremse zufällig hat. Da aber ein Einstellen des Bremshebels auf diese Geschwindigkeit, wie gleichfalls bemerkt, seine Schwierigkeiten hat, also in der Praxis untunlich ist, so wird auf Eisenbahnen ein Klotzdruck angewendet, welcher jedem Bremswagen schon in der Werkstätte angepaßt ist, welcher also stets dieselbe Größe behält, ob der Wagen schnell oder langsam rollt, ob er leer oder beladen ist.

Daß unter solchen Verhältnissen ein Vollbremsen — im allgemeinen — nicht erreicht wird, daß also der Wagen entweder zu wenig oder zu viel gebremst sein wird — ist klar. Angesichts solcher Verhältnisse entsteht die Frage, welche Größe dem fixen (ein für allemal gewählten), dem Baue der Bremse zugrunde liegenden Klotzdruck zu geben sei, um dem ideellen Ziele des Vollbremsens möglichst nahe zu kommen.

Daß hier einzig und allein nur die Praxis entscheiden kann, ist selbstverständlich.

Um zu erfahren, bei welchem Klotzdrucke die Räder der Eisenbahnwagen gewöhnlich festgestellt werden, wurden seitens der Königlichen Eisenbahndirektion Erfurt Versuche angestellt[1]). Diese ergaben, daß ein Klotzdruck, welcher 76% des Wagengewichtes beträgt, bei den auf Eisenbahnen üblichen Fahrgeschwindigkeiten ein Feststellen der Räder nicht zu bewirken vermag, daß aber ein solches regelmäßig eintritt, sobald der Klotzdruck dem Gewichte des Wagens gleich wird.

Dem entgegen deuten die Versuche der nunmehr verstaatlichten Österreichischen Kaiser-Ferdinand-Nordbahn darauf hin, daß ein Feststellen der Räder bereits eintreten könne bei einem Klotzdrucke, welcher 31 bis 86% des Wagengewichtes beträgt[2]).

Nach den Bestimmungen der Master Car-Builders Association darf der Klotzdruck bei Güterwagen höchstens 70% des Leergewichtes des Wagens betragen, wenn die Befürchtung des Gleitens gebremster Räder ausgeschlossen sein soll[3]).

Die Verschiedenheiten in der Schätzung der Größe des zum Bremsen geeigneten Klotzdruckes finden zum Teile ihre Erklärung in der Verschiedenheit der Größe der Fahrgeschwindigkeiten, bei welchen gebremst wird, zum Teil aber auch in der Verschiedenheit des für Bremsklötze verwendeten Materials.

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1889, S. 119.

[2]) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1887, S. 11 des Sonderabdruckes des Artikels: Über die Anzahl der Bremsen bei Eisenbahnen.

[3]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1896, S. 87. — Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1906, Bd. 59, Heft 3.

Daß die Wahl des Bremsklotzmaterials auf die Bremswirkung von großem Einflusse ist, beweisen die Erfahrungen der Amerikaner, welche zum Studium der Bremsfrage eine besondere Kommission eingesetzt haben.[1]) Diese Kommission gelangte zum Ergebnisse, daß das gefährliche Auflaufen im Zuge von der gleichförmigen Beschaffenheit der Bremsklötze abhängig ist, da jener Wagen, dessen Bremsklötze einen höheren Beiwert der Backenreibung erzeugen, schneller zum Stillstande gebracht wird als ein Wagen, dessen Bremsklötze einen geringeren Beiwert haben. Mit der Größe der Differenz der Beiwerte der Backenreibung wächst die Gefahr des Auflaufens.

Auf der Wiener Stadtbahn werden beispielsweise weiche Bremsklötze verwendet, d. h. Bremsklötze aus Gußeisen ohne Stahlspänezusatz, während auf anderen Bahnen gußeiserne Klötze mit Stahlspänezusatz in Verwendung stehen.

Angesichts solcher Verhältnisse ist es begreiflich, daß die Bestimmungen bezüglich der Größe des Prozentsatzes des Klotzdruckes gegenüber dem Wagengewichte voneinander sehr abweichen.

Den Handbremsen der Eisenbahnen Österreichs liegt beispielsweise ein Klotzdruck zugrunde, welcher dem Höchstgewichte des zu bremsenden Wagens angepaßt ist. Die Größe des Prozentsatzes selbst ist aus der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Höchstgewicht des vollbelasteten Güterwagens in Tonnen		Klotzdruck in % des Höchstgewichtes	
von	bis	von	bis
15	18	72	60
18	21	70	60
21	24	68	60
24	27	67	60

Angaben, welche sich auf vierachsige Personenwagen der österreichischen Staatsbahnen beziehen, enthält die nachfolgende Tabelle:

Handbremsen			Durchgehende Bremsen		
W	D	$\frac{D}{W}$	W	D	$\frac{D}{W}$
Tonnen		%	*Tonnen*		%
31·7	18	56	31·7	26	82
32·1		56	32·1		81
32·9		55	32.9		79
33·4		54	33·4		78

In dieser Tabelle bezeichnet W das Gewicht des Bremswagens, gemessen in Tonnen, D den Klotzdruck auf dessen sämtliche Bremsklötze, ausgedrückt in Tonnen.

Die offenen Kohlenwagen der Österreichischen Staatsbahnen haben

[1]) Railroad-Gazette vom 15. Juni 1906, Nr. 24.

ein Leergewicht von 8·6 t. Der Klotzdruck, welcher dem Baue ihrer Bremsen zugrunde liegt, beträgt 6 t. Der Klotzdruck beträgt daher $\frac{6}{8 \cdot 6} \times 100 = 70\%$ des Leergewichtes.

In Deutschland wiegt der normale offene Güterwagen 7·06 t, der ihm zugehörige Klotzdruck beträgt 7·56 t[1]). Der Klotzdruck beträgt also $\frac{7 \cdot 06}{7 \cdot 56} \times 100 = 93\%$ des Leergewichtes.

Seitens des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen wurde die Größe des anzuwendenden Klotzdruckes dahin normiert[2]), daß derselbe für durchgehende Bremsen für Post- und Gepäckwagen:

$$d = 75 - 85\,\%,$$

für Güterwagen dagegen:

$$d = 90 - 100\,\%$$

des Wagengewichtes zu betragen habe. Für Einzelbremsen enthalten die Technischen Vereinbarungen keine Bestimmungen.

14. Der zum Vollbremsen erforderliche Klotzdruck.

Es wurde gezeigt, daß der zum Vollbremsen eines Eisenbahnwagens erforderliche Klotzdruck von der Geschwindigkeit abhängig ist, welche der zu bremsende Wagen im Momente des Anlegens der Bremse zufällig hat, sowie, daß die Eisenbahnpraxis dieser Anforderung Rechnung zu tragen nicht vermag, sich daher eines fixen, von der Größe der Fahrgeschwindigkeit unabhängigen Klotzdruckes bedient.

Angesichts dieser Sachlage drängt sich von selbst die Frage auf, welcher von den vielen möglichen Fahrgeschwindigkeiten der Klotzdruck anzupassen wäre, damit der Zweck des Bremsens, d. h. ein Vollbremsen, möglichst gut erreicht werde?

Der Gedankengang, welcher zur Beantwortung dieser Frage führt, ist der folgende:

Wenn ein in die Höhe geworfener Stein seinen Aufstieg mit der Geschwindigkeit unserer Eilzüge beginnt, so wird er, selbst im leeren Raume, trotz seiner hohen Anfangsgeschwindigkeit, nicht lange steigen, weil die während seines Aufstiegs tätige Kraft der Schwere an seiner Geschwindigkeit zehrt und dieselbe schließlich ganz vernichtet. Ein mit 90 km pro Stunde aufsteigender Stein verliert bereits nach Ablauf von $2\frac{1}{2}$ Sekunden seine Geschwindigkeit. In so kurzer Zeit hat die Schwere das Werk der Vernichtung vollbracht.

Die Kraft der Bremse, welche den Lauf des Zuges auf der Schiene hemmt, ist viel schwächer als die Kraft der Schwere, welche die Energie des Aufstiegs des Steins lähmt. Die Verzögerung des Aufstiegs, welche die Schwere bewirkt, beträgt nämlich in unseren Breitegraden 9·81 m in jeder Sekunde, während die durch Bremsen bewirkte Höchstverzögerung, wie bereits gezeigt, nur anderthalb Meter in dieser Zeit beträgt.

Läuft der gebremste Wagen t Sekunden lang, so werden nach Verlauf dieser Zeit $\frac{3}{2}\,t$ Meter von seiner anfänglichen Geschwindigkeit vernichtet

[1]) Zentralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 22.

[2]) § 135 der Technischen Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Digitized by Google

sein. Betrug diese Anfangsgeschwindigkeit c Meter pro Sekunde, so verbleiben von derselben nach Ablauf von t Sekunden nur mehr:

$$(c - {}^{3}/_{2}\, t)$$

Meter. Soll nichts verbleiben — soll der Wagen zum Stillstand kommen — so muß die Gleichung:

$$c - {}^{3}/_{2}\, t = 0$$

bestehen.

Aus den bereits erwähnten (Punkt 7) und anderen Versuchen folgt, daß Eisenbahnzüge in einer kürzeren Zeit als 12 Sekunden durch die üblichen Bremsen im allgemeinen zum Stillstande nicht gebracht werden können. Setzt man aber in der soeben entwickelten Gleichung $t = 12$, so erhält man $c = 18$, was besagen will, daß der Klotzdruck der Eisenbahnwagenbremsen einer Rollgeschwindigkeit von 18 m pro Sekunde, also einer Geschwindigkeit von 65 km pro Stunde anzupassen wäre.

Setzt man daher in der im Abschnitt 11 entwickelten Formel:

$$d = \frac{97}{180 - V}$$

$V = 65$, so erhält man für die gesuchte Größe des zum Vollbremsen erforderlichen Klotzdruckes den Wert:

$$d = {}^{5}/_{6}.$$

Dies wäre also der Klotzdruck, welcher dem Bau der Eisenbahnwagenbremsen zugrunde liegen sollte. Die auf sämtliche Bremsklötze eines Eisenbahnwagens auszuübende Pressung hätte demnach ${}^{5}/_{6}$ des Gewichts, also 83 $^{0}/_{0}$ des Wagengewichtes zu betragen.

Freilich ist dieser soeben gefundene Wert nur ein theoretischer, kann daher für keine Eisenbahn genau passen, d. h. er wird für die besonderen Verhältnisse einer bestimmten Bahn entweder zu groß oder zu klein, aber selten oder nie gerade recht sein. Er muß daher den obwaltenden Umständen fallweise angepaßt werden, wenn er entsprechen soll. Wie weit aber in einem jeden besonderen Falle mit der Abänderung des soeben ermittelten Druckwertes zu gehen ist, läßt sich im allgemeinen nicht sagen, da ja jede einzelne Bahn von den Folgen eines Überschusses an Klotzdruck verschieden stark getroffen wird.

Jene Bahnen, bei denen das Bremsen der Züge unter normalen Verhältnissen nur selten, oder auf verhältnismäßig kurzen Strecken zur Anwendung kommt — also Flachlanddahnen — werden die Folgen eines Überschusses an Klotzdruck (Schleifen der Räder auf den Schienen) leichter ertragen als jene Bahnen, bei welchen die Bremsen während der Fahrt des Zuges in fast ununterbrochener Tätigkeit verbleiben müssen, wie dies bei Gebirgsbahnen zumeist der Fall ist.

Hat man kräftige Bremsen zur Verfügung, so kann mit wenigen vollgebremsten Wagen, also mit wenig Bremsern, dieselbe Wirkung erzielt werden, wie mit vielen minder kräftigen Bremswagen. Hochdruckbremsen haben also eine Ersparnis an Bremspersonal zur Folge.

Da ein Überschuß an Klotzdruck den Flachlandbahnen keinen nennenswerten Nachteil bringt, aber eine Ersparnis an Bremspersonal ermöglicht, so dürften derlei Bahnen den hochwertigen Bremsen den Vorzug geben.

Bei Gebirgsbahnen dagegen hat ein Überschuß an Klotzdruck mit Rücksicht auf die zahlreichen Bremsstrecken eine erhebliche Abnutzung der Radreifen und Schienen zur Folge, bringt also Nachteile mit sich, die durch die Ersparnis an Bremspersonal nicht wettgemacht werden. Gebirgsbahnen dürften daher minderwertige Bremsen vorziehen.

15. Das Grundgewicht.

Bei Ermittlung der Größe des zum Vollbremsen eines Wagen erforderlichen Klotzdruckes treten Schwierigkeiten zweifacher Natur auf. Der fragliche Klotzdruck ist nämlich von der zufälligen Rollgeschwindigkeit, bei welcher das Bremsen beginnt, sowie von jenem zufälligen Gewichte, welches der zu bremsende Wagen bei Beginn des Bremsens eben besitzt, abhängig.

Die erstere dieser beiden Schwierigkeiten wurde einigermaßen durch die Erkenntnis gemildert, daß ein Klotzdruck, welcher $^5/_6$ des Wagengewichts beträgt, den Betriebsvorschriften der Eisenbahnen am wenigsten schlecht angepaßt ist. Die andere Schwierigkeit aber, nämlich jene bezüglich Anpassung dieses fixen Klotzdruckes von $^5/_6$ an ein veränderliches Wagengewicht, blieb noch unbehoben.

Ob und auf welche Weise auch diese Schwierigkeit beseitigt werden kann, soll nunmehr erörtert werden.

Wenn gesagt wird, der fixe Klotzdruck betrage $^5/_6$ des Gewichts des Wagens, so wird dadurch ausgesagt, daß das Gewicht, welches durch diesen Klotzdruck zum Vollbremsen kommt, nicht mehr als $^6/_5$ t für jede Tonne des Klotzdruckes betragen dürfe. Wiegt der Wagen mehr, so wird er nicht vollgebremst, wiegt er weniger, so wird er übergebremst. In beiden Fällen ist aber die Bremswirkung kleiner als jene des vollgebremsten Wagens.

Mit einer Tonne Klotzdruck kann sonach höchstens ein Gewicht von $^6/_5$ t vollgebremst werden. Ein D mal stärkerer Klotzdruck wird einen D mal schwereren Wagen zum Vollbremsen bringen.

Jenes Wagengewicht, welches durch den der Bremse zugrunde liegenden Klotzdruck vollgebremst werden kann, soll Grundgewicht genannt, mit G bezeichnet und in Tonnen gemessen werden.

Bezeichnet D den Gesamtdruck, unter welchem die Bremsklötze eines Wagens stehen, also jenen Druck, welcher der Konstruktion der Bremse zugrunde gelegt wurde, gemessen in Tonnen, so besteht dem bereits Gesagten zufolge die Relation:

$$\frac{D}{G} = {}^5/_6 ,$$

woraus man für die Größe des Grundgewichts G den Wert:

$$G = {}^6/_5 \cdot D$$

erhält.

Jeder Bremswagen hat sonach sein eignes Grundgewicht, dessen Größe beträgt $^6/_5$ seines Klotzdruckes. Würde beispielweise eine Eisenbahnwagenbremse so gebaut worden sein, daß durch Anlegen derselben auf sämtliche Bremsklötze des betreffenden Wagens eine Pressung von zu-

Digitized by Google

sammen 5 t ausgeübt wird, so beträgt dessen Grundgewicht $^6/_5 \times 5 = 6$ t. Durch Betätigung einer solchen Bremse kann sonach **höchstens** ein Gewicht von $^6/_5 \times 5 = 6$ t zum Vollbremsen gebracht werden. Wiegt der Wagen, welcher diese Bremse (also einen Klotzdruck von 5 t) hat, zufällig 6 t, so wird er durch Anlegen seiner Bremse **vollgebremst** werden können, d. h. jede Tonne dieses seines Gewichts wird auf der Schiene eine Reibung von 160 kg erzeugen. Ist der Wagen schwerer, wiegt er z. B. 7 t, so wird er durch den Klotzdruck von 5 t nicht mehr zum Vollbremsen gebracht werden können. Jede Tonne seines Gewichts wird daher auf der Schiene nicht mehr 160, sondern weniger Kilogramm Reibung erzeugen.

Wieviel Schienenreibung in einem solchen Falle im ganzen auf der Schiene entsteht, ist unschwer zu ermitteln. Erzeugt nämlich jede Tonne eines derart (unvollkommen) gebremsten Wagengewichtes auf der Schiene x kg Reibung, wobei $x < 160$, so entsteht durch Betätigung der Bremse auf der Schiene eine Gesamtreibung von $7\,x$ kg. Infolge des Grundgesetzes des Bremsens (Punkt 3) müßte also die entsprechende Backenreibung ebenso groß gewesen sein.

Da jede Tonne Klotzdruck eine Backenreibung von 192 kg erzeugt[1]) (Punkt 10 und 14) und der Klotzdruck 5 t beträgt, so mußte die Backenreibung $5 \times 192 = 960$ kg betragen haben. Es besteht dabei die Relation:

$$7 \cdot x = 960,$$

woraus $x = 137$kg sich ergibt.

Jede Tonne des mit einem Klotzdruck von 5 t gebremsten, 7 t schweren Wagens hat also an der Schiene nur 137 kg Reibung gefunden. Es ist dies gerade so, als wenn ein $\frac{7 \times 137}{160} = 6$ t schwerer Wagen **vollgebremst** worden wäre.

Wiegt der Wagen, dessen Bremse für einen Klotzdruck von 5 t gebaut wurde, weniger als 6 t, so wird der vorhandene Klotzdruck von 5 t für ihn zu groß. Die Räder eines so gebremsten Wagens werden festgestellt, kommen also zum gleiten, wodurch auf der Schiene weniger Reibung erzeugt wird als beim Vollbremsen. Nimmt man an, der Wagen wiegt 4 t und setzt voraus, daß jede Tonne gleitendes Gewicht eine Schienenreibung von 150 kg erzeugt, so entsteht durch das Bremsen dieses 4 t schweren Wagens mit einem Klotzdruck von 5 t eine Schienenreibung von $4 \times 150 = 600$ kg, also so viel, als wenn ein $\frac{600}{160} = 3^3/_4$ t schwerer Wagen **vollgebremst** worden wäre.

Man erkennt also, daß das Gewicht eines gebremsten Wagens nur dann zur vollen Bremswirkung (zum Vollbremsen) gelangt, wenn es gleich ist seinem Grundgewichte. Wiegt ein gebremster Wagen mehr als sein Grundgewicht, so kommt nur dieses, wiegt er weniger, so gelangt nicht einmal dieses Gewicht zum Vollbremsen.

Wird dem Bau einer Eisenbahnwagenbremse ein anderes Verhältnis des Klotzdruckes zum Schienendrucke als $^5/_6$ zugrunde gelegt, so erhält

[1]) Dem Klotzdrucke von $^5/_6$ des Wagengewichtes entspricht eine Rollgeschwindigkeit von 65 km pro Stunde (Punkt 14). Dieser Rollgeschwindigkeit entspricht aber eine Backenreibung von 192 kg (Punkt 10).

das Grundgewicht des betreffenden Wagens selbstverständlich eine andere, diesem anderen Verhältnisse entsprechende Größe. Wäre beispielsweise das Verhältnis $^4/_5$ gewählt worden, so betrüge das Grundgewicht des betreffenden Wagens $^5/_4$ des durch Anlegen seiner Bremse erzielbaren Klotzdruckes[1]) usw.

16. Das Bremsgewicht.

Auf Eisenbahnen werden leere, zum Teil beladene und vollbelastete Wagen gebremst. Das Gewicht ein und desselben Wagens kann daher in dem Momente, in dem gebremst wird, je nach der Ladung verschieden groß sein, während das Grundgewicht unverändert in derselben Größe verbleibt, weil es nur von dem vorhandenen, d. h. dem Bau der Bremse zugrunde gelegten Klotzdrucke, nicht aber von der Wagenladung abhängt.

Eine Differenz zwischen Grundgewicht und dem zufälligen Bruttogewicht wird also im allgemeinen stets bestehen. Die Folge hiervon ist aber die, daß im allgemeinen kein Wagen mit seiner Bremse in jedem besonderen Falle wird vollgebremst werden können. Nur in dem einzigen höchst unwahrscheinlichen Falle, in welchem das zufällige Bruttogewicht des zu bremsenden Wagens seinem Grundgewichte an Größe gleich wird, tritt ein Vollbremsen ein.

Diese Verhältnisse drängen zur Beantwortung der Frage, ob und inwiefern derlei Mißlichkeiten begegnet werden könne.

Am einfachsten erledigt sich die Frage dadurch, daß der Berechnung des Bremseffektes weder das Grundgewicht noch dessen zufälliges Bruttogewicht, sondern ein Gewicht zugrunde gelegt wird, dessen Größe derart ausgemittelt ist, daß es im Falle des Vollbremsens genau soviel Schienenreibung liefert, als in jedem Einzelfalle durch unvollkommenes Bremsen des Bruttogewichts tatsächlich entsteht.

Man hat also das wirkliche Gewicht eines unvollkommen gebremsten Wagens rechnungsmäßig durch ein in bezug auf Bremswirkung gleichwertiges Gewicht zu ersetzen. Zur Berechnung der Größe dieses Ersatzgewichts führt aber die nachstehende Überlegung.

Ist der zu bremsende Wagen zufällig ebenso schwer als sein Grundgewicht, so bedarf es keines Ersatzgewichts, weil in einem solchen Falle der Klotzdruck, welcher der Konstruktion der Bremse zugrunde gelegt wurde, zum Vollbremsen dieses Bruttogewichts zureicht. Eine Ermittlung des Ersatzgewichts wird also nur dann vorzunehmen sein, wenn der zu bremsende Wagen mehr oder wenn er weniger schwer ist als sein an seiner Außenseite ersichtlich gemachtes Grundgewicht.

Ist der zu bremsende Wagen schwerer als sein Grundgewicht, so wird er durch den dem Bau seiner Bremse zugrunde gelegten Klotzdruck nicht vollgebremst werden können, weil ja sein Klotzdruck nur zum Vollbremsen seines Grundgewichts zureicht. In einem solchen Falle gelangt aber, wie im vorhergehenden Punkt gezeigt wurde, nicht sein Bruttogewicht sondern nur sein Grundgewicht zum Vollbremsen.

Das Ersatzgewicht, von welchem früher die Rede war, ist also in diesem Falle gleich dem Grundgewichte, was besagen will,

---

[1]) Bartl, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, Heft III, S. 80 des Sonderabdruckes, setzt in seiner höchst verdienstlichen Arbeit $G = 1{\cdot}45 \cdot D$, statt, wie hier ermittelt wurde, $G = {}^6/_5\, D = 1{\cdot}2\, D$ t.

daß in diesem Falle nicht das wirkliche Gewicht des Wagens, sondern nur das an seiner Außenseite ersichtliche Grundgewicht als gebremst (vollgebremst) anzusehen ist.

Ist der zu bremsende Wagen leichter als sein an seiner Außenseite angeschriebenes Grundgewicht, so verhält sich die Sache folgendermaßen:

Wiegt der zu bremsende Wagen nicht so viel wie sein Grundgewicht, so wird sein Klotzdruck, welcher das größere Grundgewicht vollzubremsen vermag, für den zu bremsenden Wagen vom kleineren Gewicht zu groß sein. Unter Einfluß eines solchen Klotzdruckes überschreiten die Wagenräder die Rollgrenze, werden daher an der Schiene gleiten. Jede Tonne gleitenden Wagengewichtes findet an der Schiene eine Reibung von 150 kg. Wiegt der zu bremsende Wagen W t, so entsteht beim Gleiten desselben eine Schienenreibung von $150 \cdot W$ kg. Bezeichnet x das in Tonnen ausgedrückte Ersatzgewicht, d. h. jenes Wagengewicht, welches vollgebremst ebensoviel Schienenreibung, also $150\ W$ kg erzeugt, so muß, da der Beiwert der Rollgrenze (Vollbremsung) 160 kg beträgt (Punkt 8), die Relation

$$160 \cdot x = 150 \cdot W$$

bestehen, woraus

$$x = \frac{15}{16} \cdot W$$

sich ergibt.

Das Ersatzgewicht beträgt also in diesem Falle $\frac{15}{16} = 94\,\%$ des wirklichen Wagengewichtes.

Die Größe des Reibungsbeiwertes der Rollgrenze, also die Zahl 160, ist nicht genau und kann der Natur der Sache nach nicht genau sein. Eine ähnliche Bewandtnis besteht bezüglich des Beiwertes der gleitenden Reibung, also bezüglich der Zahl 150, denn dieser Beiwert kann größer sein, kann sogar nach Umständen die Größe des Beiwertes der Rollgrenze annehmen. Mit Rücksicht hierauf ist man berechtigt, für das obige Verhältnis $^{15}/_{16}$ die Einheit zu setzen. In diesem Falle wird aber $x = W$, was besagt, daß, sobald das Bruttogewicht des zu bremsenden Wagens kleiner ist als sein Grundgewicht, in einem solchen Falle das wirkliche Bruttogewicht zur Vollbremsung gelangt. In diesem Falle ist also das Ersatzgewicht gleich dem Bruttogewichte des zu bremsenden Wagens.

Das Ersatzgewicht solcher Wagen, welche weniger oder ebenso schwer sind als ihr Grundgewicht, ist daher ihrem Bruttogewichte gleich, während das Ersatzgewicht schwererer Wagen ihrem Grundgewichte gleich ist. Andere Werte kann das Ersatzgewicht nicht haben.

Durch Einführung des Ersatzgewichts entfällt also die Notwendigkeit, mit unvollkommen gebremsten Wagen zu rechnen. Man wird in der Rechnung stets nur vollgebremste Wagen haben. Dies ist aber ein Vorteil, da hierdurch die Abschätzung der Bremswirkung wesentlich erleichtert wird.

Dieses Ersatzgewicht, welches, wie ersichtlich, nur eine Rechnungsgröße ist, soll in der Folge, da es sich auf Vollbremsen bezieht, „vollgebremstes Gewicht“ oder kürzer: „Bremsgewicht“ genannt, mit B bezeichnet und in Tonnen ausgedrückt werden.

Unter Bremsgewicht soll also jenes ideelle Wagengewicht verstanden werden, welches, vollgebremst gedacht, ebensoviel

Schienenreibung erzeugen würde wie das wirkliche, aber unvollständig gebremste Wagengewicht tatsächlich erzeugt.

Bezeichnet W das wirkliche Gewicht, welches der zu bremsende Eisenbahnwagen zu Beginn des Bremsens hat, ausgedrückt in Tonnen, G das Grundgewicht des Bremswagens, ausgedrückt in Tonnen (es ist an der Außenseite desselben ersichtlich gemacht), B das soeben definierte Bremsgewicht, ebenfalls in Tonnen gemessen, so ist dem Gesagten zufolge in dem Falle wenn:

$$W > G \text{ ist } \ldots\ldots\ldots \; B = G$$
$$W < G \;\text{,,}\; \ldots\ldots\ldots \; B = W.$$

Das Bremsgewicht ist also stets die **kleinere** von den beiden Zahlen W und G, also von den Zahlen, welche die Größen des Bruttogewichtes und des Grundgewichtes eines und desselben Wagens bezeichnen. Da das zufällige Bruttogewicht aus den Begleitpapieren des Zuges, das Grundgewicht hingegen am Wagen unmittelbar abgelesen werden kann, so ist die Ermittelung des Bremsgewischtes in einem jeden besonderen Falle ganz außerordentlich einfach. Ein Blick auf diese beiden Ziffern genügt, um die Größe des Bremsgewichtes anzugeben. Jedwedes Rechnen fällt weg.

17. Verschiedenheit der Bremsgewichte eines und desselben Eisenbahnwagens.

Nachstehende Beispiele haben den Zweck, zu zeigen, daß das Bremsgewicht eines und desselben Wagens je nach der Ladung, welche er zufällig besitzt, verschiedene Werte haben kann.

Den Bremsen offener Güterwagen Deutschlands liegt ein Klotzdruck von 7·56 t zugrunde.[1]) Durch Anlegen einer solchen Bremse kann dem Gesagten zufolge höchstens ein Gewicht

$$\tfrac{6}{5} \cdot 7{\cdot}56 = 9 \text{ t}$$

vollgebremst werden. Das Grundgewicht solcher Wagen beträgt also 9 t. Wiegt der Wagen in dem Momente, in dem er in den Zug eingestellt wurde, zufällig gerade 9 t, so wird er durch Anlegen seiner Bremse vollgebremst. In diesem Falle ist also das Bremsgewicht gleich dem Grundgewichte.

Werden aber aus diesem Wagen 3 t Ware ausgeladen, so wird er im Momente des Bremsens nur noch $9 - 3 = 6$ t wiegen, während sein Grundgewicht unverändert verbleibt, weil der Klotzdruck sich nicht verändert hatte. Mit diesem unverändert verbliebenen Klotzdruck von 7·56 t könnte zwar ein Gewicht von 9 t vollgebremst werden, da aber nur ein Gewicht von 6 t vorhanden ist, so ist der Klotzdruck für **dieses** Gewicht zu groß. Die Räder des Wagens werden daher durch diesen Klotzdruck festgestellt, werden gleiten. Der gebremste Wagen wird also diesmal weniger Reibung auf der Schiene finden als früher, wo er noch seine 3 t Ware hatte.

Wird in diesen Wagen so viel Ware eingeladen, daß er im Augenblicke des Bremsens 12 t wiegt, so wird sein unverändert gebliebener Klotzdruck von 7·56 t zum **Vollbremsen** des Gewichtes von 12 t nicht mehr genügen, weil ja durch diesen Klotzdruck **höchstens** ein Gewicht von

---

[1]) Zentralblatt der Bauverwaltung 1888, Seite 22.

Digitized by Google

9 t (Grundgewicht) zum Vollbremsen gebracht werden kann. Der zum Vollbremsen des Wagens unzureichende Klotzdruck wird bewirken, daß die Räder des 12 t schweren Wagens in ihrer Rotation nur bis zu einem gewissen Grade, niemals aber so stark behindert werden, daß die hierdurch erzeugte Schienenreibung für jede Tonne dieses Gewichtes 160 kg beträgt.

Das Bremsgewicht eines und desselben Wagens kann also verschieden groß ausfallen.

18. Das Rechnen mit Bremsgewichten.

Das nachfolgende, in der Verkehrspraxis der Eisenbahnen täglich vorkommende Beispiel soll die Bedeutung der Einführung der Bremsgewichte illustrieren.

Es soll angenommen werden, die Vorschrift verlange, daß in einer bestimmten Verkehrsstrecke $^1/_{10}$ des Bruttogewichtes des Zuges möglichst gut, d. h. vollgebremst, werde. Der Zug selbst wiegt 300 t. Die Vorschrift verlangt also, daß $^1/_{10} \times 300 = 30$ t zum Vollbremsen gelangen. Das Bremsbedürfnis beträgt also 30 t.

Der Betriebsbeamte der Station, in welcher die erforderlichen Bremswagen in den Zug einzustellen sind, verfügt über Bremswagen von drei Gattungen. Er hat Bremswagen zur Verfügung, deren Bruttogewichte 6, 9 und 15 t betragen. Die an den Außenseiten dieser Bremswagen ersichtlich gemachten Grundgewichte betragen der Reihe nach: 7, 9 und 8 t.

Es fragt sich, wie viele und welcher Gattung Bremswagen in den Zug eingestellt werden müssen, damit dem Bremsbedürfnisse Genüge getan, d. h. damit durch Betätigung der Bremsen der in den Zug eingestellten Wagen ein Gesamtgewicht von 30 t zum Vollbremsen gelange?

Bezeichnet man die Bruttogewichte der Bremswagen mit W, deren Grundgewichte mit G, so hat man die nachstehenden Ziffernreihen:

$$W = 6 \quad 9 \quad 15\text{ t}$$
$$G = 7 \quad 9 \quad 8\text{ t}$$

Faßt man die übereinanderstehenden Ziffernpaare dieser beiden Reihen ins Auge, also die Ziffernpaare:

$$\begin{bmatrix}6\\7\end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix}9\\9\end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix}15\\8\end{bmatrix}$$

und berücksichtigt bei jedem Paare die kleinere Ziffer, so erhält man der Reihe nach die Ziffern:

$$6 \qquad 9 \qquad 8$$

diese Ziffern sind also die Größen jener Gewichte, welche in diesem Falle zum Vollbremsen gelangen.

Da das Gewicht, welches durch den dem Baue der Bremse zugrunde liegenden Klotzdruck vollgebremst wird, Bremsgewicht genannt und mit B bezeichnet wurde, so hat man für die in Tonnen gemessenen Bremsgewichte dieser Wagen:

$$B = 6,\ 9,\ 8.$$

Mit diesen Gewichten ist also das Bremsbedürfnis von 30 t zu befriedigen.

Würde man von jeder Gattung der vorhandenen Bremsen je einen Wagen in den Zug einstellen, so würde man ein Gesamtgewicht von:

$$6 + 9 + 8 = 23 \text{ t}$$

zum Vollbremsen bringen können. Damit wäre aber dem Bremsbedürfnisse nicht Genüge getan, weil nicht 23 t, sondern 30 t vollgebremst werden sollen. Dem Bremsbedürfnisse wird aber vollauf entsprochen, wenn man bezüglich der in den Zug einzustellenden Bremswagen die nachstehende Wahl trifft:

1 Wagen	à 6 t	Bremsgewicht	6 t
2 „	à 9 „	„	18 „
1 „	à 8 „	„	8 „
			32 t

denn in diesem Falle wird ein Gewicht von 32 t zum Vollbremsen gelangen, also um 2 t mehr als gefordert wird.

Die gegenwärtig in Kraft stehenden Bremsvorschriften kennen keine Bremsgewichte. Sie setzen nämlich voraus, daß das jedesmalige Bruttogewicht des betreffenden Bremswagens zugleich auch sein Bremsgewicht sei. Wenn verlangt wird, daß 30 t vollgebremst werden, so wird gegenwärtig angenommen, daß diesem Bremsbedürfnisse entsprochen sei, wenn so viele Bremswagen in den Zug eingestellt werden, daß die Summe ihrer Bruttogewichte 30 ausmache.

Da die Bruttogewichte der zur Disposition stehenden Bremswagen 6, 9 und 15 t betragen, deren Summe also $6 + 9 + 15 = 30$ t ausmacht, so nimmt die heute übliche Eisenbahnpraxis an, daß durch Einstellen von je einem dieser Wagen dem Bremsbedürfnisse in diesem Falle entsprochen sei.

Durch Anlegen der Bremsen dieser drei Wagen wird wohl ein Gesamtgewicht von 30 t gebremst, er wird aber nicht vollgebremst. Zum Vollbremsen gelangt nur ein Gewicht von $6 + 9 + 8 = 23$ t. Durch Einstellen der gedachten drei Bremswagen in den Zug wird also um $30 - 23 = 7$ t, d. h. um 23 %, weniger gebremst, als gebremst werden sollte.

Ein anderes Beispiel:

Das Bremsbedürfnis eines Zuges betrage 35 t. Zur Disposition stehen drei Bremswagen, deren Bruttogewichte W und Bremsgewichte B der Reihe nach betragen:

$$W = 8,\ 12,\ 15 \text{ t}$$
$$B = 6,\ 9,\ 10 \text{ „}$$

Die heutige Bremspraxis nimmt an, daß dem Bremsbedürfnisse von 35 t durch Einstellen dieser drei Bremswagen in den Zug entsprochen werde, weil die Summe der Bruttogewichte dieser drei Wagen: $8 + 12 + 15 = 35$ t ausmacht. Da aber die Summe der Bremsgewichte dieser drei Wagen nur $6 + 9 + 10 = 25$ t beträgt, so wird nach der gegenwärtigen Praxis um $35 - 25 = 10$ t, also um 28 %, zu wenig gebremst.

Bei Berechnung der Zahl der in einen Zug einzustellenden Bremswagen sind also nicht die wirklichen Gewichte der zu bremsenden Wagen sondern ihre Bremsgewichte zu berücksichtigen.

Digitized by Google

19. Einwand gegen das Rechnen mit Bremsgewichten.

Der zum Vollbremsen eines Eisenbahnwagens erforderliche Klotzdruck ist abhängig sowohl von der Rollgeschwindigkeit wie auch vom Gewichte des zu bremsenden Wagens. Dem Einflusse der Rollgeschwindigkeit wurde seitens der Eisenbahnpraxis dadurch Rechnung getragen, daß man den Klotzdruck einer gewissen Geschwindigkeit angepaßt hat, dem Einflusse des Wagengewichtes dadurch, daß man ein gewisses Gewicht dem Bau der Bremse zugrunde gelegt hat.

Der Bremswagen wird daher nur dann vollgebremst sein, wenn er im Augenblicke des Bremsens zufällig jene Geschwindigkeit und zufällig jenes Gewicht besitzt, welches der Konstruktion seiner Bremse zugrunde gelegt wurde. Hieraus folgt aber, daß, wenn der zu bremsende Wagen weder die vorausgesetzte Geschwindigkeit, noch das vorausgesetzte Gewicht hat, er durch seine Bremse nicht wird vollgebremst werden können.

Diese Konsequenz hat die Bremspraxis der Eisenbahnen nicht gezogen, und darin eben besteht der Mangel, an welchem die heute übliche Art der Befriedigung des Bremsbedürfnisses krankt.

Durch Einführung des Bremsgewichtes bei der Zahl der in einen Zug einzustellenden Bremsen wird dieser Mangel behoben. Weil die Berücksichtigung des Bremsgewichtes bis jetzt noch nicht durchgedrungen ist, so sollen die Bedenken zerstreut werden, welche gegen die allgemeine Einführung des Bremsgewichtes möglicherweise erhoben werden könnten.

Man könnte nämlich sagen, daß durch Einführung der Bremsgewichte die Ermittlung der Zahl der in die Züge einzustellenden Bremsen derart verwickelt wird, daß diese Rechnungsweise keine Aussicht hat, Eingang in die Praxis zu finden.

Hierauf wäre zu bemerken, daß es zur Ermittlung der Bremsgewichte keinerlei wie immer Namen habenden Rechnung bedarf. Der bloße Vergleich der an der Außenseite des Bremswagens ersichtlichen Größe seines Grundgewichtes mit seinem tatsächlichen Bruttogewichte genügt bereits, um die Größe des Bremsgewichtes zu finden. Die kleinere der beiden zum Vergleiche genommenen Ziffern ist nämlich die Größe des gesuchten Bremsgewichtes.

Ferner könnte gesagt werden, daß der Unterschied in der Bremswirkung nach der heute üblichen Berechnungsweise der Anzahl der Bremsen und jener mit Einbeziehung der Bremsgewichte so unbedeutend ist, daß von dieser Neuerung recht gut abgesehen werden könne.

Dem gegenüber wäre darauf hinzuweisen, daß (wie bereits dargetan) dieser Unterschied 25% des Bremsbedürfnisses und mehr betragen könnte, daß aber Unterschiede von dieser Größe wohl nicht zu vernachlässigen wären.

Für die Beibehaltung der heute üblichen Praxis der Feststellung des Bremsbedürfnisses könnte möglicherweise auch angeführt werden, daß

1. die Theorie mit denselben Erfahrungskoeffizienten rechnet, deren die heutige Eisenbahnpraxis sich bedient, daß also beide Rechnungsweisen gleich ungenau sind,
2. bei der Ermittlung der Größe des Bremsbedürfnisses seitens der Praxis die Ziffern stets so abgerundet werden, daß sich ein größeres Bremsbedürfnis ergibt, als die Formel fordert,

3. die Eisenbahnstatistik keine Unfälle verzeichnet, welche als Folge der heutigen in der Praxis üblichen Berechnung der Anzahl von Bremsen bei Zügen angesehen werden könnten.

Was die erste dieser drei angenommenen Behauptungen anbelangt, so spricht dieselbe weniger für die Beibehaltung, als vielmehr für die Auflassung der heutigen Methode der Eisenbahnpraxis. Von zwei Übeln pflegt man nämlich stets das kleinere zu wählen. Das kleinere Übel ist aber in diesem Falle die Theorie, weil deren Methode physikalisch begründet ist, daher die Möglichkeit einer Kontrolle bietet, während die Methode der Praxis dieser Vorteile entbehrt.

Die zweite der vorgebrachten Ansichten fällt in nichts zusammen, sobald man sich vergegenwärtigt, daß die Ziffern, welche der Praxis zur Feststellung des Bremsbedürfnisses dienen, gerade jene Ziffern sind, deren Richtigkeit die Theorie bestreitet. Eine Abrundung zweifelhafter Werte ist aber zwecklos.

Was die dritte Behauptung anbelangt, so wäre darauf hinzuweisen, daß bei den Verhandlungen, welche aus Anlaß stattgehabter Unfälle durchgeführt werden, stets nur darauf Gewicht gelegt wird, ob das Bremspersonal seine Schuldigkeit getan, nicht aber darauf, ob die hemmende Kraft der in den Zug eingestellten Bremsen eine entsprechende war. Die Unfallstatistik kann daher weder für, noch gegen die heute übliche Methode der Ermittlung des Bremsbedürfnisses Belege bieten.

20. Hemmende Kraft eines teilweise gebremsten Eisenbahnzuges.

Ein in Bewegung befindlicher gebremster Eisenbahnwagen findet auf der Schiene eine größere Reibung als ein frei rollender. Die Schienenreibung, welche jede Tonne des gebremsten Wagengewichtes vorfindet, ist ihrer Größe nach verschieden. Sie hängt eben von dem Grade des Bremsens ab. Sie betrage s kg. Die Reibung, welche jede Tonne eines frei rollenden Wagengewichtes auf der Schiene findet, wird gewöhnlich mit dem Worte „Widerstand" bezeichnet, sie betrage w kg.

Die Größe der Schienenreibung s wurde bereits angegeben, sie beträgt im Mittel für einen gleitenden Wagen 150 kg, für einen vollgebremsten dagegen 160 kg für jede Tonne seines Gewichtes.

Bezüglich der Größe des Widerstandes w wäre folgendes zu bemerken.

Obwohl die Eisenbahnen über Erfahrungen eines halben Jahrhunderts verfügen, ist die Frage nach der Größe des Widerstandes w einer endgültigen Erledigung noch nicht zugeführt worden. Wir sind noch recht weit davon entfernt, eine allgemeine Formel für den Bewegungswiderstand der Züge bilden zu können, und werden angesichts der vielen Umstände, welche bei derlei Ermittlungen zu berücksichtigen sind, wohl nicht sobald in die Lage kommen, es tun zu können. Unsere Widerstandsformeln sind gegenwärtig eben nichts anderes als der Ausdruck von Resultaten, welche durch Versuche in speziellen Fällen erzielt worden sind. Da es aber der speziellen Fälle Legion gibt, so wird auch deren jeweiliger Ausdruck, d. i. die Widerstandsformel, jedesmal anders ausfallen müssen.

Würden wir die Wirkungsweise aller Faktoren kennen, welche auf die

Größe des Widerstandes Einfluß haben, und würde uns die Größe der Wirkung derselben genau bekannt sein, so könnten wir das Gesetz erschließen, welches sie befolgen, d. h. wir würden zu einer allgemein gültigen Widerstandsformel gelangen. Da wir aber nicht alle Faktoren kennen, welche den Widerstand bedingen, ja sogar in vielen Fällen uns das Gesetz unbekannt ist, nach welchem manche der bekannten Faktoren wirken, so bleibt nichts anderes übrig, als aus den Versuchen eine Näherungsformel abzuleiten, welche für den Widerstand Werte gibt, die sich den durch Versuche erhaltenen Werten möglichst genau anschließen. Um zu einer solchen Formel zu gelangen, muß vor allem festgestellt werden, was für einen Bau dieselbe haben wird. Um in dieser Richtung klar zu sehen, ist nachstehendes zu erwägen.

Wenn eine Lokomotive ihren Zug mit einer geringen Geschwindigkeit bewegt, so daß der Luftwiderstand vernachlässigt werden kann, so wird, wie dies Professor Frank[1]) in Hannover gezeigt hat, der Widerstand der Bewegung in überwiegender Weise von der durch das Gewicht des Zuges verursachten Reibung abhängen, und wird sonach der Wert dieses Widerstandes für einen bestimmten Zug eine konstante Größe sein, deren Wert a kg pro Tonne Zugsgewicht betragen soll. Nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung zu, so wird sich sofort auch der Luftwiderstand geltend machen. Dieser ist aber, wie angestellte Versuche lehren, von der Größe der der Luft dargebotenen Fläche (welche ihrerseits von der Länge oder vom Gewichte des Zuges abhängt) und von dem Quadrate der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Da man annehmen kann, daß auch die Größe der Vertikalschwankungen, welche während der Bewegung auftreten, mit dem Quadrate der Fahrgeschwindigkeit zunimmt, so werden auch die dadurch verursachten Reibungsarbeiten in diesem Verhältnisse wachsen. Dasselbe gilt auch von den infolge horizontaler Abweichungen auftretenden Seitenschwankungen und den damit verbundenen Reibungsarbeiten. Schließlich ist noch zu erwähnen, daß auch die infolge „flacher Stellen" der Räder, sowie durch unvollkommen elastische Unterstützung der Schienen auftretenden Stoßwirkungen herbeigeführten Kraftverluste mit dem Quadrate der Fahrgeschwindigkeit zunehmen.

Berücksichtigt man diese durch Professor Frank hervorgehobenen Momente, so gelangt man zur Einsicht, daß die Formel, welche den Bewegungswiderstand eines in einer horizontalen Geraden bewegten Zuges darstellen soll, notwendig ein konstantes (von der Fahrgeschwindigkeit freies) Glied, sowie ein Glied enthalten muß, welches das Quadrat der Fahrgeschwindigkeit enthält.

Bezeichnet x die veränderliche Fahrgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde, y den dieser Geschwindigkeit entsprechenden Bewegungswiderstand, gemessen in Kilogramm, so hat man dem Gesagten zufolge:

$$y = a + b \cdot x^2,$$

wobei a und b Erfahrungswerte sind. — Hierbei soll y den auf eine Tonne rollendes Wagengewicht entfallenden Bewegungswiderstand bezeichnen.

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1883, S. 4.

Nach Professor v. Borries[1]), Berlin, kann für mittlere Verhältnisse gesetzt werden:

$$a = 2{\cdot}4 \quad \text{und} \quad b = \frac{1}{100},$$

so daß also jede Tonne des mit einer Geschwindigkeit x m pro Sekunde rollenden Wagengewichtes eine Reibung auf der Schiene findet, welche:

$$y = 2{\cdot}4 + \frac{x^2}{100}$$

Kilogramm beträgt.

Wird ein auf einer horizontalen Bahn frei rollender (ungebremster) Wagen sich selbst überlassen, so wird er nach Durchlaufen eines bestimmten Weges zum Stillstande kommen. Seine Rollgeschwindigkeit nimmt daher von ihrem Anfangswerte c bis $c = 0$ fortwährend ab. Will man nicht mit diesen unendlich vielen zwischen $x = c$ und $x = 0$ liegenden Geschwindigkeiten rechnen, so muß man einen Mittelwert derselben einführen.

Bezeichnet w diesen Mittelwert, so ist dem Gesagten zufolge (Punkt 10)

$$w = \frac{1}{c}\int_0^c (a + b x^2)\, dx,$$

dieser Mittelwert beträgt also:

$$w = a + \frac{b}{3} \cdot c^2$$

Kilogramm, oder mit Rücksicht auf die soeben angegebenen Werte von a und b:

$$w = 2{\cdot}4 + \frac{c^2}{300}$$

Kilogramm.

Drückt man die Anfangsgeschwindigkeit nicht in Meter pro Sekunde, wie dies hier geschehen ist, sondern in Kilometer pro Stunde aus, und bezeichnet V die in diesem Maße ausgedrückte Fahrgeschwindigkeit, so erhält man:

$$w = 2{\cdot}4 + 0.0002 \cdot V^2.$$

Eine Tonne frei rollendes (ungebremstes) Wagengewicht findet also während des Weges bis zum Stillstande (während des Auslaufweges) auf der Schiene eine Reibung von w kg, eine Tonne gebremstes Wagengewicht dagegen eine solche von s kg.

Wiegt ein Eisenbahnzug G t, und befinden sich bei demselben so viele Bremswagen, daß das bremsbare Brutto G_1 t beträgt, so hat das rollende (ungebremste) Brutto ein Gewicht von $(G - G_1)$ t. Die Gesamtreibung, welche dieses ungebremste Gewicht auf der Schiene findet, beträgt daher

$$w\,(G - G_1)$$

Kilogramm, während die Gesamtschienenreibung des gebremsten Bruttos

$$s \cdot G_1$$

Kilogramm ausmacht.

---

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1905, S. 149.

Digitized by Google

Der Gesamtwiderstand des so gebremsten Eisenbahnzuges (des teilweise gebremsten Zuges), also dessen hemmende Kraft K, beträgt daher:

$$K = sG_1 + w(G - G_1)$$

Kilogramm oder auch:

$$K = w \cdot G + (s - w) G_1$$

Kilogramm.

Für einen, mit 90 km pro Stunde (25 m pro Sekunde) rollenden Eisenbahnzug, dessen bremsbares Brutto vollgebremst ist, wäre daher zu setzen:

$$s = 160, \qquad w = 2{\cdot}4 + \frac{25^2}{300} = 5.$$

Die hemmende Kraft eines so gebremsten Zuges beträgt daher

$$K = 5(G + 31\,G_1)$$

Kilogramm. Würde beispielsweise der Zug 200 t und das gebremste (vollgebremste) Brutto 20 t betragen, so würde die hemmende Kraft eines solchen Zuges, da hier $G = 200$, $G_1 = 20$ ist, einem Betrag

$$K = 5(200 + 31 \times 20) = 4100$$

Kilogramm = 4·1 t gleichkommen.

21. Auslauflänge gebremster Eisenbahnzüge.

Die Distanz, auf welche hin Eisenbahnzüge durch die Kraft der Bremsen in ihrem Laufe zum Stehen gebracht werden können, nennt man „Auslauflänge" oder auch „Bremsweg". Dieser Weg soll im folgenden mit Δ bezeichnet und in Meter ausgedrückt werden.

Die Länge des Bremsweges läßt sich aus den Werten für die Arbeit der den Zug treibenden und hemmenden Kräfte berechnen. Diese beiden Werte müssen nämlich, wenn der in Bewegung befindliche Zug stehen bleiben soll, an Größe einander gleich sein.

Steht ein G t schwerer Eisenbahnzug auf einer abschüssigen Bahn, welche um α Grade gegen den Horizont geneigt ist, so beträgt die denselben talwärts treibende Komponente der Schwerkraft: $G \cdot \sin\alpha$ t oder $1000 \cdot G \cdot \sin\alpha$ kg. Die stärkste Neigung, welche auf Adhäsionsbahnen vorkommt, übersteigt nicht 6 Grade. Es ist also $\alpha = 6$ zu setzen. In diesem Falle ist aber:

$$\sin\alpha = 0{\cdot}104$$
$$\mathrm{tg}\,\alpha = 0{\cdot}105$$

woraus zu ersehen ist, daß auf Eisenbahnen statt $\sin\alpha$ stets $\mathrm{tg}\,\alpha$ gesetzt werden kann, sobald es sich um Steigungen oder Gefälle handelt.

Die den Zug abwärts ziehende Komponente der Schwerkraft beträgt also:

$$1000\,G \sin\alpha = 1000 \cdot \mathrm{tg}\,\alpha \cdot G$$

Kilogramm. Bezeichnet i das Gefälle, ausgedrückt in Millimeter pro 1 m Bahnlänge, also das Gefälle pro Mille, so ist

$$1000 \cdot \mathrm{tg}\,\alpha = i.$$

Man hat daher für die Größe der Kraft, welche einen G t schweren Eisenbahnzug nach abwärts zieht, den Wert

$$i \cdot G$$

Kilogramm. Die den Eisenbahnzug talwärts treibende Kraft beträgt daher für jede Tonne seines Gewichtes so viele Kilogramm, als Millimeter Höhe die Bahn für jeden Meter ihrer horizontalen Länge fällt.

Die Kraft, welche einen im Gefälle von 15 ‰ rollenden Eisenbahnzug nach abwärts zieht, beträgt also für jede Tonne seines Gewichtes 15 kg.

Rollt ein G t schwerer Eisenbahnzug über ein Gefälle von i ‰ Δ m weit, so verrichtet die diesen Zug abwärts treibende Kraft eine Arbeit von $i \cdot G \cdot \Delta$ Meterkilogramm. Soviel Arbeit ist also durch die Arbeit der hemmenden Kraft (Bremskraft) der Bremsen zu vernichten, wenn ein G t schwerer Zug in einem Gefälle von i ‰ auf die Distanz von Δ m angehalten werden soll.

Außer dieser Arbeit ist durch die Arbeit der Bremsen noch jene Energie zu vernichten, welche der zu bremsende Eisenbahnzug in dem Augenblicke hat, in dem mit dem Bremsen begonnen wird.

Bezeichnet m die auf Kilogramm bezogene Masse des rollenden Zuges und c seine Geschwindigkeit zu Beginn des Bremsens (seine Anfangsgeschwindigkeit), so beträgt die Energie des Zuges im Momente des Bremsens bekanntlich

$$\frac{m \cdot c^2}{2}$$

Meterkilogramm, sobald die Anfangsgeschwindigkeit c in Meter pro Sekunde gemessen wird.

Die Gesamtenergie, welche durch die Arbeit der Bremsen vernichtet werden muß, wenn der Zug im Gefälle zum Stehen gebracht werden soll, beträgt sonach

$$\left(\frac{m \cdot c^2}{2} + i \cdot G \cdot \Delta\right)$$

Meterkilogramm.

Da die hemmende Kraft K kg beträgt, so hat man für die Größe der Arbeit dieser Kraft, d. h. für die Größe der Bremsarbeit, den Ausdruck:

$$K \cdot \Delta$$

Meterkilogramm.

Soll die Gesamtenergie des Zuges durch die Bremsarbeit vernichtet werden, d. h. soll der Zug durch das Bremsen zum Stillstande gebracht werden, so müssen diese beiden Arbeiten gleich groß sein, d. h. es muß die Relation:

$$K \cdot \Delta = \frac{m c^2}{2} + i G \cdot \Delta$$

bestehen, aus welcher man für den Bremsweg

$$\Delta = \frac{m c^2}{2 (K - i G)}$$

Meter erhält.

Digitized by Google

Erwägt man, daß

$$m = 108\,G \quad \text{und} \quad K = w\,G + (s - w)\,G_1,$$

so erhält man für den gesuchten Bremsweg

$$\Delta = \frac{54\,c^2 \cdot G}{(s - w)\,G_1 - (i - w)\,G}$$

Meter.

Bezeichnet z das Verhältnis des gebremsten Gewichtes zum Gesamtgewichte des Zuges, ausgedrückt in Prozenten des letzteren, setzt man also:

$$z = 100 \cdot \frac{G_1}{G},$$

so geht der Ausdruck für den Bremsweg über in

$$\Delta = \frac{5400 \cdot c^2}{(s - w)\,z - 100\,(i - w)}$$

Meter.

Fragt man nach der Größe der Anhaltedistanz eines über ein Gefälle von $15\,^0/_{00}$ rollenden Eisenbahnzuges, dessen Geschwindigkeit zu Beginn des Bremsens 45 km pro Stunde beträgt, von dessen Gewichte der fünfte Teil vollgebremst wird, so hat man in dieser Gleichung nachstehende Substitutionen vorzunehmen:

Da $^1/_5$, in Prozenten ausgedrückt, gleich 20 ist, so hat man $z = 20$. Da 45 km pro Stunde ebensoviel ist als 12·5 m pro Sekunde, so ist $c = 12{\cdot}5$. Da es sich um ein Vollbremsen handelt, so ist $s = 160$, und weil der Widerstand ungebremster Wagen für jede Tonne ihres Gewichtes

$$w = 2{\cdot}4 + \frac{12{\cdot}5^2}{300} = 3$$

Kilogramm beträgt, so hat man zu setzen $w = 3$. Man hat daher zu substituieren:

$$z = 20, \quad c = 12{\cdot}5, \quad s = 160, \quad i = 15 \quad \text{und} \quad w = 3.$$

Setzt man diese Werte in die für den Bremsweg abgeleitete Formel, so erhält man $\Delta = 435$, was besagen will, daß unter diesen Verhältnissen der Eisenbahnzug erst auf eine Distanz von 435 m wird angehalten werden können.

Der ungleiche Wirkungsgrad der einzelnen in den Zug eingestellten Bremswagen, die ungleichmäßige Bedienung der Bremsen durch das Bremspersonal, der Zustand der Schienen usw. haben indes einen wesentlichen Einfluß auf die Länge des Bremsweges. Aus diesem Grunde kann die soeben für den Bremsweg abgeleitete Formel nur mittleren Verhältnissen entsprechen.

Würde man nicht einen Teil der in den Zug eingestellten, sondern alle Wagen des Zuges vollbremsen, so müßte in die obgedachte Formel $z = 100$ gesetzt werden. Würde es sich außerdem um das Anhalten auf horizontaler Bahn handeln, so müßte man $i = 0$ setzen. In diesem Falle aber erhielte man für den Bremsweg den Wert

$$\Delta = \frac{59 \cdot c^2}{160} = \frac{c^2}{3}$$

Meter (vgl. Abschnitt 8).

Digitized by Google

Dieser aus der theoretischen Formel erhaltene Wert für die kürzeste Anhaltedistanz vollgebremster auf horizontaler Bahn laufender Eisenbahnzüge stimmt also mit der Erfahrung überein. Dies aber deutet darauf hin, daß der Wert $s = 160$, welcher der Rechnung zugrunde liegt, nahezu richtig sein muß, woraus weiter folgt, daß auf Eisenbahnen durch das Bremsen der Züge in der Tat keine größere Verzögerung des Bremslaufes als $^3/_2$ m pro Sekunde herbeigeführt wird.

22. Anzahl der Bremsen bei Eisenbahnzügen.

In irgend einem Teile eines mit 12 m pro Sekunde (43 km pro Stunde) rollenden Eisenbahnzuges befinden sich nebeneinander zwei gleich schwere Bremswagen. Der Bremser des vorderen, also der Lokomotive näheren Wagens, sei ein flinker, denkschneller, jener des rückwärtigen ein schwerfälliger, denkträger Mann. Unverhofft kommt das Signal zum Bremsen. Der vordere Bremser bremst sofort, der hintere erst nach Verlauf von 8 Sekunden.

Was wird die Folge des ungleichzeitigen Bremsens sein? Da die durch Bremsen bewirkte Verzögerung des Wagenlaufes, wie bereits gezeigt, $^3/_2$ m in jeder Sekunde beträgt, so bleibt der vordere Wagen nach Verlauf von $\frac{12}{^3/_2} = 8$ Sekunden, also gerade in dem Augenblicke stehen, in welchem der hintere eben zur Bremsung gelangt. In diesem Augenblicke hat also der vordere Wagen die Geschwindigkeit Null, während der hintere, noch ungebremste Wagen die Geschwindigkeit von 12 m besitzt. Der rückwärtige Wagen wird also an den vorderen mit dieser Geschwindigkeit auffahren. Da beide Wagen gleich schwer sind, so werden sie nach der Lehre vom Stoße ihre Geschwindigkeiten vertauschen. Der vordere Wagen erhält die Geschwindigkeit des rückwärtigen Wagens und der rückwärtige bleibt stehen. Da aber beide Wagen miteinander verkuppelt sind, so wird der vordere Wagen den hinteren anreißen.

Denkt man sich in einem anderen Teile des Zuges ähnliche Verhältnisse, so ist klar, daß ein Hin- und Herzerren der Wagen desto öfter vorkommen wird, je mehr Einzelnbremsen im Zuge bedient werden.

Die geschilderten Mißstände werden zwar bedeutend abgeschwächt, wenn die gemachten Voraussetzungen (kein Bewegungswiderstand, vollständige Elastizität der Puffer) fallen gelassen werden, verschwinden werden sie jedoch nicht, weil Menschen nicht Maschinen sind, die auf ein gegebenes Zeichen in einem und demselben Augenblicke ihre Arbeit beginnen und dieselbe gleichmäßig verrichten. Eine Menge kleiner Längsoszillationen der Wagen wird also stets verbleiben.

Je mehr Bremser einen Zug bedienen, desto mehr wird, im Falle des Bremsens, die Gleichmäßigkeit seines Laufes gestört, desto weniger werden seine Wagen geschont werden.

Eine analytische Behandlung der aufgeworfenen Frage wurde zwar versucht[1]), doch führte sie zu keiner praktisch verwendbaren Lösung. Die Integration der betreffenden Differenzialgleichungen, deren Zahl gleich der

[1]) Resal, Mécanique générale, Paris 1880, Band III.

Digitized by Google

Anzahl Wagen im Zuge war, erforderte nämlich die Kenntnis gewisser Konstanten, deren Ermittlung ebenso schwierig war wie die Integration selbst.

Aber auch ohne alle Rechnung erkennt man, daß es mit Rücksicht auf die Ungleichmäßigkeit des Bremsens wünschenswert sei, möglichst wenig Einzelnbremsen beim Zuge zu haben. Mit Rücksicht auf die Bremswirkung hingegen ist eine möglichst große Anzahl von Bremsen zu wünschen.

Man erkennt also, daß sowohl zu wenig als zu viel Bremsen bei einem Zuge zu haben von Nachteil ist.

Die Frage nach der richtigen Zahl der den Eisenbahnzügen beizugebenden Bremsen, also die Frage nach der Größe des Bremsbedürfnisses eines Eisenbahnzuges, hat sonach — selbst von Kosten abgesehen — eine Berechtigung.

Eine Bemessung der Anzahl der den Zügen beizugebenden Bremsen erfolgte zuerst im Jahre 1850 auf Grund von Erfahrungen, auf welche so augezeichnete Männer wie Negrelli, Schmid, Klinger, Francesconi, Engerth, Ruppert und andere hinzuweisen hatten. Die Bemessung erfolgte damals nach der nachstehenden Tabelle:

Gefälle	Es sollte gebremst werden bei Personenzügen	Es sollte gebremst werden bei Güterzügen
	der nachstehende Teil der beim Zuge befindlichen Räderpaare	
1 : 500	$^1/_8$	$^1/_{12}$
1 : 300	$^1/_6$	$^1/_{10}$
1 : 200	$^1/_5$	$^1/_8$
1 : 100	$^1/_4$	$^1/_7$
1 : 60	$^1/_3$	$^1/_5$
1 : 40	$^1/_2$	$^1/_4$

Danach sollte also in einem Gefälle von 1 : 100, d. h. in einem Gefälle von 10 $^0/_{00}$, bei Personenzügen ein Viertel der beim Zuge befindlichen Räderpaare gebremst werden. Bei einem Personenzuge, der nur aus vierrädrigen Personenwagen besteht, sollte in diesem Falle jeder zweite Wagen mit Bremsen versehen und durch Bremser besetzt sein.

Als Direktor Tellkampf in Altona im Jahre 1874 nachwies, daß diese Tabelle im allgemeinen mehr Bremsen forderte, als es die Betriebssicherheit erheischte, und auf sonstige Mängel derselben hinwies, glaubte man, Vorschrift und Erfahrung dadurch in Einklang bringen zu können, daß man vereinbarte, daß die obigen Brüche nicht mehr den aliquoten Teil der Räderpaare, sondern jenen des Gewichtes des Zuges auszudrücken haben. Demzufolge wäre bei Güterzügen, welche in einem Gefälle von 1:200 laufen, $^1/_8$ der Bruttolast derselben und nicht $^1/_8$ der Anzahl der Räderpaare bremsbar einzurichten gewesen.

Jener Teil des Gesamtgewichtes eines Zuges, ausgedrückt in Prozenten, welcher vollgebremst werden muß, um Eisenbahnzüge, die in Gefällen rollen, auf eine gegebene Distanz zum Anhalten zu bringen, soll Bremsprozent genannt und mit z bezeichnet werden.

Petrossi, Oberinspektor der ehemaligen Ungarisch-Galizischen Eisenbahn, war der Erste gewesen, welcher an Stelle der im Jahre 1877 ein-

geführten Bremstabelle eine Formel zu setzen versucht hatte, welche den Zusammenhang zwischen Bremsprozent z, Gefälle i und Fahrgeschwindigkeit c darstellt. Diese im Jahre 1882 aufgestellte Formel lautete:[1])

$$z = i + \frac{c^2}{10},$$

in welcher i das Gefälle in $^0/_{00}$ ausdrückt und c die Rollgeschwindigkeit des Zuges im Augenblicke des Bremsens, gemessen in Meter pro Sekunde, bezeichnet.

Danach müßte also vom Gewichte eines Zuges, welcher in einem Gefälle von $15\,^0/_{00}$ mit einer Geschwindigkeit von 10 m pro Sekunde (36 km pro Stunde) rollt,

$$15 + \frac{10^2}{10} = 25\,^0/_0 \text{ oder der vierte Teil}$$

vollgebremst werden, falls der Zug auf eine Distanz von 600 m angehalten werden soll. Diese Distanz nämlich hat Petrossi für den Bremsweg der zu bremsenden Züge seiner Formel zugrunde gelegt.

Diese Formel wurde der Kommission unterbreitet, welche der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen zur Prüfung technischer und Betriebsangelegenheiten eingesetzt hatte.[2]) Die im Jahre 1883 zu München tagende Kommission hat jedoch diese Formel abgelehnt, weil sie den praktischen Anforderungen nicht entsprach, und forderte gleichzeitig ihre Mitglieder auf, neue Studien und Versuchsfahrten zur Feststellung der Bremswirkung bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf verschiedenen Gefällen zu machen und entsprechende Anträge zu stellen.

Diese Aufforderung erweckte auf dem Felde der Spekulation und des Experimentes einen Eifer, der bisher ohne Beispiel war. Ein halbes Tausend auf verschiedenen Bahnen unter verschiedenen Verhältnissen sorgfältig durchgeführte Versuchsfahrten häufte ein Material an, dessen gedankliche Verarbeitung fast fünf Jahre in Anspruch nahm. Als diese mühsame Arbeit ihrem Abschlusse nahe war, griff (1886) das Berliner Ministerium ein, eine neue Reihe von Versuchsfahrten anbahnend. Im Jahre 1888 wurde die Bremsformel, welche heute zur Berechnung der Bremsprozente verwendet wird, einstimmig angenommen und damit eine der mühsamsten Arbeiten beendet, die bis dahin von dem Technischen Ausschusse geleistet worden waren.[3])

Dennoch führe ich diese Formel nicht an, da die auf Grund derselben aufgestellte Bremstabelle in neuerer Zeit (1903) seitens mancher Mitglieder des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen angefochten wurde. Dies aber hatte zur Folge, daß diese Formel auf Grund neuer, sehr zahlreicher Versuche Modifikationen erleiden mußte, deren später gedacht werden soll.

Um aber diese im Jahre 1906 gemachten Modifikationen richtig bewerten zu können, soll vorher für das Bremsprozent z eine theoretische Formel aufgebaut werden.

---

[1]) Österreichische Eisenbahnzeitg. 1882, S. 414.

[2]) Bericht über die Verhandlungen der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten 1888, S. 4.

[3]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1888, S. 122.

Jenen Gewichtsteil eines Eisenbahnzuges, welcher vollgebremst werden muß, um diesen Zug auf eine als praktisch erkannte (also gegebene) Distanz im Gefälle zum Stehen zu bringen, findet man rechnungsmäßig, wenn aus der für die Auslauflänge entwickelten Formel (Punkt 21) die Größe z ermittelt wird. Man findet dann:

$$z = \left(\frac{100}{s - w}\right) \cdot \left[\frac{54 \cdot c^2}{\Delta} + i - w\right]$$

oder, falls die Rollgeschwindigkeit nicht in Meter pro Sekunde, sondern in Kilometer pro Stunde gemessen, also $c = \frac{3 \cdot 6}{V}$ gesetzt wird, wenn V die in diesem Maße ausgedrückte Geschwindigkeit bezeichnet:

$$z = \left(\frac{100}{s - w}\right) \cdot \left[\frac{4 \cdot V^2}{\Delta} + i - w\right].$$

Beispiel:

Ein 300 t schwerer Eisenbahnzug, der mit einer Geschwindigkeit von 15 m pro Sekunde in einem Gefälle 10 ‰ rollt, soll durch Bremsen auf eine Distanz von 400 m angehalten werden. Es fragt sich, der wievielte Teil des Zuggewichtes vollgebremst werden muß, um den beabsichtigten Zweck zu erreichen.

Hier ist:

$$c = 15, \quad i = 10, \quad \Delta = 400, \quad s = 160.$$

Der Widerstand w ist zu berechnen aus der Formel:

$$w = 2 \cdot 4 + \frac{c^2}{300}.$$

Man erhält also, da $c = 15$, für diesen Widerstand: $w = 3$. Setzt man diese Werte in die oben aufgestellte Formel, so erhält man:

$$z = \left(\frac{100}{160 - 3}\right) \left[\frac{54 \cdot 15^2}{400} + 10 - 3\right] = 24,$$

was besagen will, daß 24 % des Zuggewichtes, also $0 \cdot 24 \cdot 300 = 72$ t vollgebremst sein müsse, d. h. daß die Summe der Bremsgewichte der in den Zug einzustellenden Bremsen 72 t betragen müsse.

Vernachlässigt man den Widerstand w ungebremster Wagen gegenüber dem Widerstand 160 der Rollgrenze, was ja ohne weiteres geschehen kann, da in einem solchen Falle die tatsächlich erzielte Bremswirkung größer ist als in Rechnung gestellt wird, man sonach gewissermaßen mit einem Sicherheitskoeffizienten rechnet, setzt also $w = 0$, setzt ferner gemäß der einstimmigen Annahme der Bremskommission $\Delta = 600$ m und nimmt den Beiwert der zum Bremsen herangezogenen Schienenreibung mit nur 100 kg (statt 160 kg), setzt also $s = 100$, so verwandelt sich die obige Formel in

$$z = i + \frac{c^2}{10}$$

nimmt also jenen Wert an, welchen Petrossi angegeben hatte.[1])

Erwägt man, daß, wie bereits erwähnt (Punkt 6),

$$\Delta = 600 - {}^3/_2 \cdot V,$$

[1]) Österreichische Eisenbahnzeitg. 1882, S. 414.

so geht die für das Bremsprozent abgeleitete Formel über in:

$$z = \left(\frac{100}{s - w}\right)\left[\frac{3\,V^2}{400 - V} + i - w\right].$$

Berücksichtigt man die Tatsache, daß der Widerstand w ungebremster Wagen gegenüber jenem s der gebremsten nur klein ist, sowie daß, sobald es sich um Vollbremsen handelt, $s = 160$ ist, so nimmt die obige Formel die Form an:

$$z = {}^5/_8\left[\frac{3\,V^2}{400 - V} + i\right].$$

In dieser Formel bezeichnet also:

z . . . das Bremsprozent, d. h. jenen Gewichtsteil des Eisenbahnzuges, welcher vollgebremst werden soll — das sogenannte Bremsbedürfnis,

V . . . die Rollgeschwindigkeit des Zuges (gemessen in Kilometer pro Stunde), welche der Zug zu Beginn des Bremsens zufällig hat,

i . . . das Bahngefälle in $^0/_{00}$, d. i. das Gefälle in Millimeter pro Meter horizontaler Bahn.

23. Erweiterung der theoretischen Bremsformel für die Praxis.

Im Vorhergehenden wurde die theoretische Formel für das Bremsprozent entwickelt. Nunmehr handelt es sich um das Anpassen dieser Formel an die Verhältnisse der Eisenbahnpraxis.

Im praktischen Betriebe der Eisenbahnen ereignet sich fast stets der Fall, daß die Züge schneller fahren, als im Fahrplane vorgesehen ist, ja daß ihre Fahrgeschwindigkeit manchmal derart steigt, daß in scharfen Gefällen überhaupt nicht mehr gehalten werden kann. Ferner ist zu berücksichtigen, daß bei langen Zügen ein gleichmäßiges Anziehen aller in den Zug eingestellten Bremswagen fast niemals stattfindet, daß die Räder der Eisenbahnwagen nicht selten festgestellt werden, daß ein solches Wetter möglich ist, bei welchem die Adhäsion sogar bis auf die Hälfte des in Rechnung genommenen Wertes sinkt[1]) usw.

Alle diese Vorkommnisse bewirken, daß das Bremsbedürfnis in derlei Fällen größer wird, als es die Theorie verlangt. Es liegt daher im Interesse der Betriebssicherheit, in den Zug mehr Bremsen einzustellen, als die theoretische Formel fordert. Diese Formel muß daher in dieser Richtung eine Umbildung erfahren, wenn sie den billigen Anforderungen der Praxis gerecht werden will.

Eine derartige Umbildung erfolgt am einfachsten dadurch, daß man das theoretisch ermittelte Bremsprozent um ein aus praktischen Erwägungen hervorgehendes Zusatzglied vergrößert. Dieses Zusatzglied soll mit u bezeichnet werden. Es handelt sich also um die Auswertung dieses Zusatzgliedes u.

Die Erfahrungen, welche die Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten gemacht hatte, sind hier die einzig maßgebenden, denn es

---

[1]) Bericht der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten 1888, S. 21.

Digitized by Google

handelt sich um Erfahrungen bewährter Fachmänner, welche jahrelang ihr besonderes Augenmerk auf die Bremsfrage gerichtet haben und in dieser Richtung über ein Material verfügen, wie es einzelnen Eisenbahnen in diesem Umfange wohl kaum zu Gebote steht.

Von diesen Männern sind nun in verschiedenen Zeiten verschiedene Vorschläge über die Größe des fraglichen Zusatzgliedes u gemacht worden. Diese Vorschläge zerfallen in drei Gruppen. Sie beziehen sich nämlich auf ein Zusatzglied, welches

1. konstant ist, also von der Rollgeschwindigkeit des Zuges nicht abhängt,
2. mit der Größe dieser Geschwindigkeit wächst,
3. mit der Fahrgeschwindigkeit und dem Gefälle sich vergrößert.

Zu der ersten Gruppe gehören die Vorschläge von Oehme[1]), welcher $u = 3$ annimmt, von Lochner[2]), welcher $u = 5$ setzt und von Bissinger[3]), der $u = 6$ beantragt. Zur zweiten Gruppe gehört der Vorschlag von Graef[4]), welcher

$$u = \left(9 - \frac{V}{10}\right)$$

haben will, zur dritten Gruppe der Vorschlag der niederländischen Eisenbahn[5]), laut welchem

$$u = 8 - \frac{V^2}{1000} + \frac{i}{10}$$

beträgt, und der Vorschlag des Staatsbahnausschusses[6]), laut welchem

$$u = 0{\cdot}012\, i \cdot V$$

zu setzen wäre.

Mit Rücksicht auf den Umstand, daß der Vorschlag des Staatsbahnausschusses in der Technikerversammlung zu Konstanz (1888) einstimmig angenommen wurde, soll für das Zusatzglied u der soeben angegebene Wert

$$u = 0{\cdot}012\, i \cdot V$$

der folgenden Betrachtung zugrunde gelegt werden. In diesem Ausdrucke bezeichnet also i das Gefälle, in welchem der Zug rollt, gemessen in $^0/_{00}$ — V hingegen die Rollgeschwindigkeit des Zuges, gemessen in Kilometer pro Stunde.

Dem Baue dieses Zusatzgliedes liegt die Erwägung zugrunde, daß der Überschuß an Bremskraft, welchen die Lokomotive liefert, und welcher in der abgeleiteten Formel unberücksichtigt blieb, bei großer Fahrgeschwindigkeit des Zuges und unter ungünstigen Verhältnissen einen namhaften Teil der Bremskraft als Aushilfe für sich in Anspruch nimmt.

Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, muß der Zuschlag u zum theoretisch ermittelten Bremsprozent mit der Fahrgeschwindigkeit zunehmen. Da außerdem bei stärkeren Gefällen, unter besonders ungünstigen

[1]) Bericht der Kommission f. technische u. Betriebsangelegenheiten 1888, S. 86.
[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1889, S. 75.
[3]) Bericht der Kommission f. technische u. Betriebsangelegenheiten 1888, S. 78.
[4]) Desgleichen S. 83.
[5]) Desgleichen S. 76.
[6]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1889, S. 120.

Umständen, die Rollgeschwindigkeit des Zuges leicht über das zulässige, für die Berechnung der Größe des zu bremsenden Zugteiles angenommene Maß hinaus anwachsen kann, so muß der betreffende Zuschlag auch mit dem Gefälle wachsen.

Der Zuschlag u muß also mit dem Produkte aus Fahrgeschwindigkeit V und Bahngefälle i, also mit dem Produkte $i \cdot V$ zunehmen. Auf Grund dieser Erwägung nahm der fragliche Ausschuß an, daß das in Rede stehende Zusatzglied mit

$$u = 0{\cdot}012\, i \cdot V$$

zu werten sei.

Danach würde also die theoretische mit Rücksicht auf Erfahrungen der Eisenbahnpraxis erweiterte Bremsformel lauten:

$$z = {}^5/_8 \left[\frac{3\, V^2}{400 - V} - i\right] + 0{\cdot}012\, i \cdot V.$$

Werden in diese Formel für i und V verschiedene Werte gesetzt, so erhält man die folgende theoretisch richtig aufgebaute, mit Rücksicht auf Erwägung der Eisenbahnpraxis jedoch erweiterte, für Handbremsen gültige Tabelle:

im Gefälle i ‰	Das Bremsprozent z beträgt für eine Geschwindigkeit von													
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
	Kilometer pro Stunde													
0	3	5	6	8	11	13	16	20	23	28	32	37	43	48
5	8	9	11	14	16	19	23	26	30	35	40	45	51	57
10	12	14	17	19	22	26	29	33	37	42	48	53	59	66
15	17	19	22	25	28	32	36	40	44	50	55	61	68	74
20	22	24	27	30	34	38	42	47	51	57	62	68	74	80
25	26	29	32	36	39	44	48	53	58	65	71	78	85	—
30	31	34	38	41	46	50	55	60	65	72	78	85	—	—
35	35	39	43	47	51	56	61	67	72	79	86	—	—	—
40	40	44	48	53	57	62	68	74	79	86	—	—	—	—

Danach müßte bei einem mit 50 km Geschwindigkeit in einem Gefälle von 15‰ rollendem Eisenbahnzuge 32% seines Gewichtes vollgebremst werden. Das Bremsbedürfnis dieses Zuges beträgt also 32%. Es steigt auf 50%, wenn der Zug mit derselben Geschwindigkeit über ein Gefälle von 30‰ rollt usw.

24. Vergleich der Theorie mit den heute gültigen Bremsvorschriften.

Die Angaben der theoretischen Bremsformel, wie sie in der vorgeführten Tabelle enthalten sind, stimmen, obwohl die betreffende Formel mit Rücksicht auf Erwägungen der Praxis erweitert wurde, mit den heute gültigen, im § 157 der Technischen Vereinbarungen vom Jahre 1897 enthaltenen Bremsvorschrift — nicht überein.

Die Differenzen sind aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen:

Digitized by Google

Gefälle i ausgedrückt in ‰	Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 25		30		35		40		45		50		60		70		80		90	
	Kilometer pro Stunde beträgt laut																			
	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157	Theorie	§ 157
	der zu bremsende Gewichtsteil des Zuges in % des Zuggewichtes																			
0	6	6	6	6	6	6	8	6	11	8	13	10	20	17	28	25	37	36	48	48
5	8	6	9	7	11	9	14	12	16	14	19	18	26	25	35	35	45	46	51	59
10	12	10	14	13	17	15	19	18	22	21	26	25	33	33	42	44	53	56	—	—
15	17	15	19	18	22	21	25	24	28	27	32	32	40	42	50	53	—	—	—	—
20	20	20	24	23	27	27	30	31	34	35	38	39	47	50	—	—	—	—	—	—
25	26	25	29	29	32	33	36	37	39	42	44	47	—	—	—	—	—	—	—	—
30	31	30	34	34	38	38	41	43	46	48	50	54	—	—	—	—	—	—	—	—
35	35	34	39	39	43	44	47	49	51	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	40	39	44	45	48	50	53	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

In dieser Zusammenstellung wurde die Annahme der Kommission für technische und Betriebsangelegenheiten, derzufolge die Mindestzahl $z = 6$ zu betragen habe, berücksichtigt.

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß in sanften Gefällen und bei mäßigen Fahrgeschwindigkeiten die Praxis ein kleineres Bremsprozent verwendet, als die Theorie fordert, daß aber bei stärkeren Gefällen und größeren Fahrgeschwindigkeiten das Umgekehrte eintritt. Das Bremsbedürfnis wird sonach bei sanften Gefällen (unter 20‰) und mäßigen Fahrgeschwindigkeiten (unter 45 km pro Stunde) seitens der Praxis unterschätzt, bei stärkeren Gefällen und größeren Geschwindigkeiten dagegen überschätzt. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 50 km pro Stunde und einem Gefälle von 15‰ sind die Bremsprozente der Praxis gleich jenen der Theorie.

Aus dieser Übereinstimmung der Bremsprozente folgt jedoch keineswegs, daß dem von der Theorie geforderten Bremsbedürfnisse in diesem Falle seitens der Praxis entsprochen wird. Die Bremsprozentziffern können nämlich gleich sein, die Anzahl der Bremsen, welche auf Grund dieser Ziffern fallweise in den Zug einzustellen ist, muß aber deshalb nicht immer gleich sein, und zwar aus dem Grunde nicht, weil die Praxis unter Bremsprozent nicht dasselbe versteht, was die Theorie darunter verstanden wissen will.

Die Theorie versteht nämlich unter Bremsprozent das in Prozenten des Zuggewichtes ausgedrückte Gewicht, welches auf vollgebremsten Achsen zu lagern sei, die Theorie verlangt also, daß die Summe der **Bremsgewichte** der in den Zug eingestellten Bremswagen gleich sei dem Bremsprozente. Die Praxis dagegen versteht unter Bremsprozent die Summe der **Bruttogewichte** der in den Zug eingestellten Bremswagen.

Daß unter solchen Verhältnissen zwischen Theorie und Praxis Differenzen bestehen müssen, ist selbstverständlich. Wie groß aber derlei Differenzen sein können, soll das folgende Beispiel zeigen:

Ein 300 t schwerer, in einem Gefälle von 15‰ rollender Eisenbahnzug wird in dem Augenblicke gebremst, in dem seine Rollgeschwindigkeit 50 km pro Stunde beträgt. Für diesen Fall fordern Theorie und Praxis, daß 32% des Zuggewichtes, also eine Last von $0{\cdot}32 \cdot 300 = 96$ t, vollgebremst werde.

Dem Baue der Bremswagen, welche zur Disposition stehen, wurde ein solcher Klotzdruck zugrunde gelegt, daß mit demselben ein Gewicht von 12 t vollgebremst wird. Das an der Außenseite der betreffenden Bremswagen dauernd ersichtlich gemachte Grundgewicht G beträgt also 12 t.

Hat man in der Station nur Bremswagen von je 16 t Bruttogewicht zur Disposition, so sind laut Praxis zur Befriedigung des Bremsbedürfnisses $\frac{96}{16} = 6$ Bremswagen erforderlich. In den Zug sind sonach 6 Bremswagen einzustellen. Die Theorie dagegen verlangt, daß in den Zug so viele Bremswagen eingestellt werden, daß die Summe deren Bremsgewichte 96 t ausmache. Da das augenblickliche Bruttogewicht eines jeden Bremswagens 16, dessen Grundgewicht dagegen nur 12 ist, so ist die kleinere dieser beiden Zahlen, also die Zahl 12, das Bremsgewicht. Das Bremsbedürfnis wird also befriedigt, wenn in den Zug $\frac{96}{12} = 8$ Bremswagen eingestellt werden, da die Summe der Bremsgewichte der eingestellten 8 Bremswagen 96 t beträgt.

Die Praxis stellt also in diesem Falle in den Zug um 2 Bremswagen weniger ein, als das tatsächliche Bremsbedürfnis beträgt, obwohl das Bremsprozent der Praxis ebenso groß ist wie jenes der Theorie.

Stehen ein andermal Bremswagen zur Verfügung, welche je 10 t wiegen, so verlangt die Praxis die Einstellung von $\frac{96}{10} = 9{\cdot}6$ also 10 Bremswagen, also genau so viel als die Theorie, da in diesem Falle das Bremsgewicht gleich 10 ist (weil $10 < 12$).

Diese beiden Beispiele beziehen sich auf den Fall, in welchem für einen und denselben Zug das Bremsprozent der Praxis mit jenem der Theorie übereinstimmt. Nunmehr soll ein Beispiel angeführt werden, welches sich auf verschieden große Bremsprozente bezieht.

Für einen im Gefälle von 25 ‰ mit einer Geschwindigkeit von 50 kg pro Stunde rollenden, 200 t schweren Eisenbahnzug beträgt das Bremsprozent laut

Theorie . . . . . $0{\cdot}44 \times 200 = 88$ t
Praxis . . . . . $0{\cdot}47 \times 200 = 94$ t

Am ersten Tage stehen der Station 15 t schwere, am zweiten Tage 8 t schwere Bremswagen zur Verfügung. Das Grundgewicht dieser Wagen beträgt in beiden Fällen 10 t. Das Bremsgewicht ist daher am ersten Tage 10 t (weil $10 < 15$), am zweiten Tage 8 t (weil $8 < 10$).

Am ersten Tage sind daher in den Zug einzustellen laut

Theorie . . . . . $\frac{88}{10} = 9$ Bremswagen
Praxis . . . . . $\frac{94}{15} = 6$ „

Die Praxis stellt also in den Zug, obwohl sie ein größeres Bremsbedürfnis aufweist, weniger Bremswagen ein, als nach der Theorie in den Zug einzustellen wären.

Am zweiten Tage sind in den Zug einzustellen laut

Theorie . . . . . $\frac{88}{8} = 11$ Bremswagen
Praxis . . . . . $\frac{94}{8} = 12$ „

Die Praxis stellt also in diesem Falle mehr Bremswagen in den Zug, als die Theorie fordert.

Man ersieht aus diesen Beispielen, daß Fälle denkbar sind, in welchen die Praxis mehr Bremsen in den Zug einstellt, als die Theorie fordert, daß sie weniger Wagen einstellt, und daß sie dem Zuge ebensoviel Bremswagen beigibt, als die Theorie fordert. Die Praxis ist also gegenüber der Theorie ganz und gar unzuverlässig.

25. Versuch einer Umformung der heute gültigen Bremsformel.

Die Bremsprozente, welche die heutige auf Eisenbahnen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen gültige Bremsformel liefert, sind im § 157 der „Technischen Vereinbarungen" vom Jahre 1897 enthalten und wurden im vorhergehenden wiedergegeben.

Da in neuester Zeit die Richtigkeit dieser Ziffern von manchen zum Vereine gehörenden Eisenbahnverwaltungen angezweifelt wurde (was ja mit Rücksicht auf das im Punkte 24 Gesagte ganz begreiflich ist), so hat man in der Sitzung des Eisenbahnausschusses, welcher in Angelegenheit von Betriebsfragen im Jahre 1903 zu Konstanz tagte, den Antrag gestellt: „zwecks Gewinnung einwandfreier Bremsprozente eine größere Reihe von Bremsversuchen nach bestimmtem Programm" — durchzuführen. Die betreffenden Versuche sind mit „tunlichst ausgelasteten Güterzügen des gewöhnlichen Verkehrs unter ausschließlicher Verwendung von Handbremsen und Fahrgeschwindigkeiten bis zu 50 km pro Stunde durchzuführen."

Die Folge dieses Antrages war, daß insgesamt nahezu 4000 Bremsversuche auf Gefällen von 0—25 ‰ durchgeführt wurden. Auf Grund dieser von zehn Eisenbahnverwaltungen des Vereins durchgeführten, im Jahre 1906 bekannt gemachten Versuche wurde eine Tabelle entworfen, deren Resultate sowie die Daten der heute gültigen im § 157 der „Technischen Vereinbarungen" abgedruckten Bremstabelle aus der nachstehenden Zusammenstellung zu entnehmen sind:

Gefälle	Es beträgt für die Fahrgeschwindigkeit von													
	25		30		35		40		45		50		60	
	Kilometer pro Stunde laut													
‰	§ 157	Vorschlag	§ 157	Vorschlag	§ 157	Vorschlag	§ 157	Vorschlag	§ 157	Vorschlag	§ 157	Vorschlag	§ 157	Vorschlag
	das Bremsprozent z													
0	6	6	6	6	6	6	6	7	8	10	10	13	17	20
5	6	6	7	9	9	11	12	14	14	18	18	22	25	30
10	10	12	13	14	15	18	18	22	21	26	25	31	33	—
15	15	18	18	22	21	26	24	30	27	35	32	41	42	—
20	20	22	23	26	27	31	31	36	35	42	39	—	50	—
25	25	27	29	32	33	38	37	44	42	—	47	—	—	—
30	30	33	34	38	38	44	43	—	48	—	54	—	—	—
35	34	38	39	44	44	—	49	—	55	—	—	—	—	—
40	39	—	45	—	50	—	56	—	—	—	—	—	—	—

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß die vorgeschlagenen Bremsprozente durchwegs höher sind als die laut § 157 der Technischen Vereinbarungen heute gültigen.

Die Beurteilung der neu vorgeschlagenen, in der vorstehenden Tabelle enthaltenen Daten wird besser möglich, wenn man die Formel prüft, deren Ergebnis die vorgeschlagenen Ziffern darstellen.

Die theoretische Formel für das Bremsprozent z wurde im Punkte 22 dieser Arbeit entwickelt, sie lautet:

$$z = \left(\frac{100}{s - w}\right)\left[\frac{4\,V^2}{\Delta} + i - w\right].$$

Setzt man der Kürze halber:

$$\left(\frac{100}{s - w}\right) = \frac{1}{R},$$

so lautet die theoretische Bremsformel:

$$z = \frac{1}{R}\left(\frac{4\,V^2}{\Delta} + i - w\right);$$

in derselben bezeichnet:

z .. das Bremsprozent
V .. die Rollgeschwindigkeit des Zuges im Momente des Bremsens, gemessen in Kilometer pro Stunde,
Δ .. den Bremsweg des gebremsten Zuges, ausgedrückt in Meter,
i .. das Bahngefälle in $^0/_{00}$,
w .. den Widerstand der ungebremsten Wagen, in Kilogramm pro Tonne bewegter Last,
R .. den hundertsten Teil der Differenz zwischen Reibung der gebremsten und ungebremsten Wagen.

Der engere Ausschuß, welchem die Umformung der heute gültigen Bremsformel [§ 157 der Technischen Vereinbarungen] übertragen war, hat nun die eben aufgestellte theoretische Formel in der Weise abgeändert, daß

statt .. $4 \cdot V^2$ .. gesetzt wurde .... $x \cdot V^2$
„ i „ „ $y \cdot i$

weil „bei Verwendung fester Koeffizienten zu große Abweichungen gegenüber den durch die Proben gewonnenen Resultaten sich ergeben hätten".

Hierbei sind x und y Beiwerte, deren Größe von der Fahrgeschwindigkeit abhängt. Diese Abhängigkeit ist eine solche, daß mit wachsender Fahrgeschwindigkeit x abnimmt, y dagegen zunimmt. Die Abnahme von x gehorcht dem Gesetze einer Parabel, die Zunahme von y jenem einer Geraden[1]):

V	x	y
20	3·614	0·99
30	3·460	1·11
40	3·240	1·23
50	2·958	1·35
60	2·620	1·47

[1]) V. Bericht des Unterausschusses für Überprüfung der Bremsbestimmungen, München 1906, S. 4.

Digitized by Google

Der Grund für die „Rekonstruktion“ der theoretischen Formel wurde bereits mit den Worten des Berichtes des Unterausschusses angegeben. Die vorgenommene Umgestaltung der theoretischen Formel ist aber nicht einwandfrei.

Die erste Umänderung, welche seitens des gedachten Unterausschusses vorgenommen wurde, besteht darin, daß statt $4\,V^2$ gesetzt wurde $x \cdot V^2$, wobei x eine von der Fahrgeschwindigkeit V abhängige Größe ist.

Nun bedeutet aber, wie bei der Ableitung der theoretischen Formel gezeigt wurde, $4 \cdot V^2$ die Energie des Zuges (gemessen in Meterkilogramm), welche derselbe in jenem Augenblicke besitzt, in welchem zu bremsen begonnen wird. Soll der Zug zum Stehen gebracht werden, so muß diese Energie $4 \cdot V^2$ durch die Bremsarbeit voll und ganz vernichtet werden. Aus diesem Grunde darf weder ein kleinerer noch ein größerer Wert derselben als $4 \cdot V^2$ in Rechnung genommen werden.

Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 60 km pro Stunde beträgt die durch Bremsarbeit zu vernichtende Energie dem Gesagten zufolge:

$$4 \times 60^2 = 14400$$

Meterkilogramm für jede Tonne Gewicht des rollenden Zuges. Nach der Annahme des Unterausschusses wäre aber nicht diese Menge, sondern nur eine Energie von:

$$2{\cdot}62 \times 60^2 = 9432$$

Meterkilogramm durch die Bremsarbeit zu vernichten. Die durch den Unterausschuß berücksichtigte Bremsarbeit beträgt also nur 65% der zum Anhalten des Zuges tatsächlich erforderlichen.

Nach der Annahme des Unterausschusses wären bei einer Fahrgeschwindigkeit von:

20 km	pro Stunde	zu vernichten	. . .	90%
30 „	„	„	. . .	87%
40 „	„	„	. . .	81%
50 „	„	„	. . .	74%
60 „	„	„	. . .	65%

der tatsächlich zu vernichtenden Energie.

Will man also einen fahrenden Zug zum Stehen bringen, so hätte man nach dieser Rechnung einen um so kleineren Bruchteil seiner Anfangsenergie zu vernichten, je größer diese Energie ist.

Eine ähnliche Bewandtnis hat es mit der zweiten durch den Unterausschuß vorgenommenen Korrektur.

Statt i der theoretischen Formel setzt der Unterausschuß $y \cdot i$, wobei y mit der Fahrgeschwindigkeit zunimmt. — Bei Ableitung der theoretischen Formel wurde aber gezeigt, daß i die in Kilogramm gemessene Größe jener Kraft ist, mit welcher jede Tonne des Zuggewichtes in einem Gefälle von i ‰ talwärts gezogen wird (Punkt 21). Diese Kraft i ist eine Komponente der Schwerkraft. Eben weil diese Komponente während der ganzen Dauer der Talfahrt des Zuges in unveränderter Stärke wirkt, erfährt die Bewegung desselben eine konstante Beschleunigung.

Anstatt diese Schwerkraftkomponente mit ihrer wirklichen konstanten Größe in Rechnung zu stellen, führt der Unterausschuß eine

Digitized by Google

variable Größe derselben ein. Für eine Rollgeschwindigkeit von 40 km pro Stunde würde nach Rechnung des Unterausschusses diese talwärts treibende Kraft um 23% ihres tatsächlichen Wertes vergrößert. Bei einer Rollgeschwindigkeit von 60 km beträgt die Vergrößerung 47% usw.

Statt einer konstanten Kraft wird seitens des Unterausschusses eine veränderliche Kraft in Rechnung genommen. Es wird also eine Wirkungsweise der Schwere vorausgesetzt, welche bei rollenden Eisenbahnzügen nicht vorkommt.

Die durch den Unterausschuß vorgeschlagene Formel ist übrigens nicht homogen. Die „rekonstruierte“ Formel lautet nämlich:

$$z = \frac{1}{R}\left[\frac{x \cdot V^2}{\Delta} + y \cdot i - w\right].$$

Schreibt man sie in der Form:

$$(z\,R + w)\,\Delta = x\,V^2 + y \cdot i \cdot \Delta,$$

so ersieht man sofort, daß links des Gleichheitszeichens eine Arbeit steht, während rechts desselben Größen sich befinden, welche die Dimension einer Arbeit nicht besitzen (x und y sind nämlich Funktionen von V).

Nichtsdestoweniger haben die Versuchsergebnisse, welche dem Unterausschusse zur Verfügung standen, einen nicht hoch genug zu schätzenden Wert.

Diese Ergebnisse, welche den Arbeiten des Unterausschusses zugrunde gelegt waren, können nämlich zu einer anderen Formel verdichtet werden, welche mit den gewonnenen Erfahrungswerten gute Übereinstimmung liefert.

Diese neue Formel ergibt sich, wenn auf die ursprüngliche Idee zurückgegriffen und die theoretische Formel für das Bremsprozent durch ein aus praktischen Erwägungen hervorgehendes Zusatzglied erweitert wird. Dieses Zusatzglied soll dem Umstande Rechnung tragen, daß die Gefahr der Eisenbahnfahrt mit der Stärke des Gefälles und der Größe der Fahrgeschwindigkeit wächst. Dieses Glied müßte die Größe:

$$u = \frac{i \cdot V}{67}$$

haben, wenn die durch dasselbe erweiterte theoretische Bremsformel Werte liefern soll, welche von den Erfahrungsdaten des Unterausschusses nur wenig abweichen.

Die anzuwendende Bremsformel würde dann lauten:

$$z = {}^5/_8\left[\frac{3 \cdot V^2}{400 - V} + i\right] + \frac{i \cdot V}{67}.$$

Wie nahe die Daten dieser theoretisch richtigen, mit Rücksicht auf praktische Erwägungen erweiterten Bremsformel den neuesten Erfahrungen des Unterausschusses kommen, ist aus der nachfolgenden Zusammenstellung zu ersehen:

Digitized by Google

Gefälle	Für eine Fahrgeschwindigkeit von													
	25		30		35		40		45		50		60	
°/₀₀	Kilometer pro Stunde beträgt das Bremsprozent laut:													
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0	6	6	6	6	6	6	7	8	10	11	13	13	20	20
5	6	8	9	10	11	12	14	14	18	17	22	20	30	28
10	12	13	14	15	18	18	22	21	26	24	31	27	—	—
15	18	18	22	21	26	23	30	27	35	40	41	35	—	—
20	22	23	26	26	31	29	36	33	42	37	—	—	—	—
25	27	28	32	31	38	35	44	39	—	—	—	—	—	—
30	33	33	38	37	44	41	—	—	—	—	—	—	—	—
35	38	38	44	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

In Rubrik I dieser Tabelle sind die neuesten Erfahrungen des Unterausschusses, unter II die Werte der soeben angeführten theoretischen Formel ersichtlich gemacht.

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß die zwischen Theorie und den neuesten Erfahrungen obwaltenden Differenzen zwar recht gering sind, daß sie aber nicht verschwinden.

Es ist eben eine Illusion, wenn man glaubt, daß es möglich sein wird, zwischen Theorie und Praxis eine völlige Übereinstimmung zu erzielen, wenn statt der Bremsgewichte Bruttogewichte genommen werden.

26. Bremsausmaß für durchgehende Bremsen.

Bei Ableitung der Formel für das Bremsprozent wurde vorausgesetzt, daß zwischen Ertönen des Bremssignals und dem Eintreten des Bremsens eine gewisse Zeit verfließt, eine Zeit, während welcher der Zug also ungebremst rollt. Der Bremsweg ist sonach nicht jener Weg, welchen der Zug durchläuft vom Momente des Ertönens des Bremssignals bis zum Stillstande, sondern jener, welcher zwischen Beginn des Bremsens und dem Stillstande des Zuges liegt.

Die Voraussetzung einer Zeit zwischen Auftrag und Vollzug trifft bei solchen Bremsen zu, welche ohne jedweden Zusammenhang untereinander sind, von denen also jede einzelne durch ein besonderes Individuum bedient wird. Wenn aber der Auftraggeber zugleich der Vollstrecker des Auftrags ist, dann sinkt die obgedachte Zwischenzeit praktisch auf Null herab, braucht also nicht in Rechnung gezogen zu werden.

Solche Verhältnisse treten bei Bremsen ein, welche untereinander in einer derartigen Verbindung stehen, daß sie vom Geber des Bremssignales durch einen einzigen Griff in Tätigkeit gesetzt werden können. Solche Bremsen nennt man zusammenhängende, kontinuierliche oder auch Durchgangsbremsen, und wenn sie automatisch wirken: selbsttätige durchgehende Bremsen.

Das Österreichische Eisenbahnministerium erkannte auf Grund der im Jahre 1901 auf der Strecke Langen—Bludenz der Arlbergbahn vielfach und vielseitig angestellten Versuche, daß die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse die beste der derzeit gebauten Bremsen zu sein scheine, und empfahl deshalb den Eisenbahnen die Einführung derselben bei allen per-

Digitized by Google

sonenbefördernden Zügen.[1]) Und in der Tat ist diese Bremse, was Schnelligkeit der Wirkung anbelangt, bewundernswert. Sie ist nämlich schneller als der Schall!

Die bei Tulln nächst Wien im Jahre 1906 angestellten Versuche, bei welchen zahlreiche offizielle Vertreter des Eisenbahnfachs zugegen waren, ergaben nämlich, daß schon $2^1/_5$ Sekunden nach Betätigung einer solchen Bremse durch den Lokomotivführer das Schnellventil des letzten Wagens im Zuge sich öffnete, obwohl die Länge der Hauptrohrleitung 800 m betrug. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bremswirkung betrug daher 364 m, während jene des Schalles nur 334 m beträgt.

Das Ergebnis der gedachten, in einem Gefälle von $25^0/_{00}$ mit Zügen von 60 Achsen durchgeführten Bremsversuche ist überraschend, sobald man sich vergegenwärtigt, daß die Aufgabe, welche die Bremsen zu erfüllen hatten, dahin festgelegt worden war, daß die Bewegung des Zuges trotz des stärksten Gefälles gleichmäßig mit einer Geschwindigkeit von 35 km pro Stunde bleiben, daß das Anhalten mittels Schnellbremsung möglichst rasch erfolgen und endlich, daß ein Zerreißen des Zuges infolge zu raschen Bremsens vermieden werden sollte.

Aus diesem Grunde ist das Bestreben, Einzelbremsen durch Zusammenhangsbremsen zu ersetzen, durchaus berechtigt.

Bei Personen führenden Zügen haben derlei Bremsen bereits allgemein Eingang gefunden.

Das von Jahr zu Jahr immer stärkere Anwachsen des Verkehrs fängt aber schon an, die Frage der Ausrüstung des Güterwagenparkes mit einer durchgehenden Bremse zu einer brennenden zu gestalten, denn die gleichen Gründe, welche seinerzeit für die Ausrüstung des Personenwagenparkes ausschlaggebend waren, sprechen nunmehr, sogar in noch stärkerem Maße, für die Ausdehnung durchgehender Bremsen auf Güterzüge.

Freilich setzt die Verwendung durchgehender Bremsen bei Güterzügen voraus, daß bei den Eisenbahnverwaltungen in dieser Frage Einigkeit in den Anschauungen und Bedürfnissen zu erzielen ist.

Die erste Bedingung, welche die durchgehende Bremse erfüllen muß, wenn sie Aussicht auf allgemeine Einführung bei Güterzügen haben soll, ist die, daß die Übertragung der Bremskraft von einem Wagen zum andern rasch, wo möglich momentan erfolgt. Die aus dem Mangel in dieser Richtung sich ergebenden betriebstechnischen Schwierigkeiten, welche sich durch heftige Stöße beim Bremsen langer Züge, nicht selten auch durch Zugtrennungen bemerkbar machen, treten sowohl bei Betriebsbremsungen als auch bei Notbremsungen auf und werden um so größer, je länger die zu bremsenden Züge sind.

Zur Vermeidung solcher mit der Aufrechthaltung eines geordneten und sicheren Betriebes unvereinbaren Schwierigkeiten wurde in die Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands die Beschränkung aufgenommen, daß Züge von mehr als 60 Achsen mit Luftdruckbremsen nicht gebremst werden dürfen.

Erwies sich diese Beschränkung bezüglich der Personenzüge, wo doch die Achsenbelastung immer eine annähernd gleiche ist, als notwendig, so folgt daraus ohne weiteres, daß sie für Güterzüge, bei denen die Achsen-

[1]) Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst 1902, S. 77.

zahl erheblich größer und die Achsenbelastung einzelner Wagen überaus verschieden ist, um so mehr am Platze sein wird.

Die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Bremswirkung von Wagen zu Wagen hat namentlich für Militärzüge, deren normale Länge 110 Achsen beträgt, eine besondere Wichtigkeit.

Mit Hinblick auf diese Verhältnisse hat der Ausschuß, welcher seitens des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen zur Prüfung technischer und Betriebsangelegenheiten eingesetzt wurde und in München im Jahre 1906 getagt hatte[1]), beschlossen, Erhebungen zur Aufstellung einer Bremstabelle für durchgehende Bremsen vorzunehmen.

Das Österreichische Eisenbahnministerium, als Mitglied des Unterausschusses zur Frage der Einführung einer selbsttätigen durchgehenden Bremse für Güterzüge, hat die Aufgabe übernommen, zu untersuchen, ob und inwiefern die automatische Luftsaugebremse für lange Güterzüge sich eignet.

Zu diesem Zwecke wurden seitens der gedachten Behörde im Jahre 1906 Versuchsfahrten mit Zügen vorgenommen, welche aus 70 Güterwagen und 5 Personenwagen (mit Meßinstrumenten und Beobachtungspersonal reichlich ausgerüstet), zusammen also aus 75 Wagen gleich 150 Achsen bestanden, wobei zur Messung der Fahrgeschwindigkeit, des Bremsweges und der Auslaufdauer die neuesten Instrumente, sowie Telephone und elektrische Glockenwerke zur Verwendung gelangten.

Obwohl diese im großen Maßstabe angelegten Versuchsfahrten ein geradezu imponierendes Beobachtungsmaterial geliefert haben, sind dieselben dennoch durch das k. k. Eisenbahnministerium im Jahre 1907 auf den Gefällstrecken der Arlbergbahn fortgesetzt worden, damit der Lösung der schwierigen Frage über die Anwendung der Zusammenhangsbremse bei Güterzügen endlich entschieden näher gekommen werden könne.[2])

---

[1]) V. Bericht des Unterausschusses, München 1906, S. 5.

[2]) Vgl. Bd. I, Rihosek, Luftdruck- und Luftsaugebremsen.

Auch die im Jahre 1907 auf den Gefällstrecken der Arlbergbahn mit 75 Wagen und die im Jahre 1908 auf den Strecken der Österreichischen Staatsbahnen bei Sigmundsherberg (N.-Österr.) mit 100 Wagen durchgeführten Versuche haben in einwandfreier Weise die Verwendbarkeit der selbsttätigen Luftsaugebremse, System Hardy, für Güterzüge erwiesen. Der Herausgeber.

Digitized by Google

Luftdruck- und Luftsaugebremsen.

Von

Johann Rihosek,

k. k. Baurat im Eisenbahnministerium, Wien.

1. Allgemeines über durchgehende, schnellwirkende Bremsen.

Eine gute, durchgehende Bremse ist eine unerläßliche Bedingung für die Sicherheit des Betriebes einer Eisenbahn. Sie muß zwei Anforderungen entsprechen: sie muß verläßlich und einfach sein.

Zahlreiche Bremssysteme sind erfunden und bei den verschiedenen Bahnverwaltungen versucht worden, aber nur zwei konnten sich ausgedehnte Anwendung verschaffen und dauernd behaupten: die Luftdruckbremse Westinghouse mit ihren Abarten und die Luftsaugebremse Hardy-Clayton.

Von diesen beiden Systemen soll in diesem Abschnitt hauptsächlich die Rede sein. Bremsen, deren Betätigung durch Dampf, Federkraft, Elektrizität usw. erfolgt, werden, da dieselben entweder keine oder nur ganz vereinzelte Anwendung gefunden haben, hier nicht berücksichtigt werden.

Da ferner an eine moderne durchgehende Bremse die Forderung der Selbsttätigkeit, das ist der selbsttätigen Wirkung bei Trennungen des Zuges, gestellt werden muß, so werden die nichtselbsttätigen Luftdruck- und Luftsaugebremsen, als veraltet, ebenfalls nicht näher besprochen werden.

Vorerst soll untersucht werden, wie eine durchgehende Bremse in ihrer Wirkungsweise beschaffen sein muß, damit sie geeignet ist, einen Zug stoßlos auf eine möglichst kurze Distanz (Bremsweg) zum Stillstand zu bringen.

Ein in Bewegung befindliches Eisenbahnfahrzeug wird dadurch zum Stillstand gebracht, daß die ihm innewohnende lebendige Kraft durch die Reibungsarbeit, welche der Bremsdruck zwischen Rad und Bremsklotz leistet, vernichtet wird. Unterstützt wird diese Reibungsarbeit durch die Arbeit des Roll- oder Laufwiderstandes des Fahrzeuges, vermehrt oder vermindert durch die Arbeit der Schwerkraftkomponente der von dem Fahrzeug befahrenen Bahnneigung.

Sieht man von der Einwirkung des Laufwiderstandes des Fahrzeuges und der Schwerkraftskomponente ab, so werden auf das Maß des Bremsweges, bei ein und derselben Geschwindigkeit des Fahrzeuges, von Einfluß sein:

Digitized by Google

1. die Größe des ausgeübten Bremsdruckes, 2. die Zeitdauer, in welcher der volle Bremsdruck zur Wirkung gelangt, und 3. die Größe des Reibungskoeffizienten.

Rollen mehrere miteinander verkuppelte Eisenbahnfahrzeuge, so wird beim Bremsen dann kein Anspannen der Zugvorrichtung oder kein Zusammendrücken der Pufferfedern durch Auflaufen eintreten, wenn alle Fahrzeuge, gleichen Laufwiderstand bei denselben voraussetzend:

1. gleich kräftig im Verhältnis zu ihrem Gewichte abgebremst sind, 2. die Vollbremsung bei allen Fahrzeugen gleichzeitig eintritt, 3. der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Bremsklotz bei allen diesen Fahrzeugen genau derselbe ist.

Es wird unter diesen Bedingungen die Verzögerung bei jedem dieser Fahrzeuge genau gleich sein, es wird somit jedes Fahrzeug den gleichen Bremsweg zurücklegen.

Ist eine oder die andere der aufgestellten Bedingungen nicht erfüllt, so werden Spannungen in der Zugvorrichtung oder Zusammendrückungen der Pufferfedern auftreten, da die einzelnen Fahrzeuge ungleichmäßig verzögert werden, weshalb von einem Teil derselben Bremsarbeit an den anderen abgegeben, bzw. von dem anderen abgenommen werden muß. Soll das Anhalten eines Zuges stoßlos erfolgen, so muß die Verzögerung bei allen Fahrzeugen kurz vor dem Stillstand annähernd denselben Wert erlangt haben, was um so sicherer der Fall sein wird, je länger der Bremsweg ist, d. h. wenn genügend Zeit vorhanden ist, daß die aufgetretenen Spannungen und Zerrungen in der Zugvorrichtung und die Eindrückungen der Pufferfedern sich ausgleichen, oder anders gesagt, wenn sich ein relativer Gleichgewichtszustand eingestellt hat. Es wird daher bei einem Zuge, dessen sämtliche Fahrzeuge gebremst sind, die Möglichkeit des Auftretens von Spannungen und Zerrungen in der Zugvorrichtung, unter Begleitung von mehr oder minder heftigen Stößen, größer sein als bei einem Zuge, bei dem nur ein Teil der Fahrzeuge gebremst ist, da bei dem ersteren Zug wegen des größtmöglichen Gesamtbremsdruckes die kürzeste Bremszeit und der kürzeste Bremsweg sich ergibt und weil jedes Fahrzeug desselben wegen der Eigenbremsung starrer und unbeweglicher, daher zum Ausgleich der Schwankungen und Zerrungen ungeeignet ist. Bei dem zweiten Zuge hingegen werden Bremszeit und Bremsweg länger ausfallen und die nicht gebremsten Fahrzeuge wie Puffer wirken.

Der Bedingung der möglichst gleichkräftigen Abbremsung der Fahrzeuge wird von den durchgehenden Bremsen bei Personenwagen annähernd entsprochen, bei welchen die Abbremsung nur etwa zwischen 75% bis 90% des Wagenleergewichtes schwankt und sich auch bei Vollbesetzung mit Personen nicht viel ändert. Anders verhält sich die Sache bei mit durchgehender Bremse ausgerüsteten Güterwagen. Da dieselben, nur mit höchstens 90% des Leergewichts abgebremst werden können, so sinkt, wenn nicht zu komplizierten Umschaltmechanismen auf verschiedene Bremsdrücke gegriffen werden soll, bei Vollbeladung des Güterwagens seine Abbremsung bis auf etwa 25% des Gesamtgewichts.

Lokomotiven mit Schlepptender werden derart abgebremst, daß der Bremsdruck etwa 50% bis 60% des Achsdruckes der gebremsten Achsen beträgt. Bei Tenderlokomotiven steigt dieses Verhältnis für halbe Vorräte auf 70%[1]). Tender erhalten einen Bremsdruck von 70% bis 80% ihres

Gewichtes bei halben Vorräten. Bei den Lokomotiven ergibt sich somit, je nach der Zahl der gebremsten Achsen, eine verschiedene perzentuelle Abbremsung vom Gesamtgewicht. Berücksichtigt man, daß der Laufwiderstand der Lokomotiven größer ist als jener der Wagen, so ergibt sich daraus, daß eine vom Gewicht prozentuell gleiche Abbremsung bei der Lokomotive wegen des ihr zukommenden größeren Laufwiderstandes höherwertig ist als jene des Wagens, d. h. bei gleicher Geschwindigkeit beider Fahrzeuge wird die Lokomotive auf einem kürzeren Weg zum Stillstand kommen als der prozentuell gleich stark abgebremste Wagen. Welchen Einfluß dies auf die Bremsung langer Züge übt, soll später erörtert werden.

Der zweiten Bedingung des gleichzeitigen Vollbremsens aller gebremsten Fahrzeuge im Zuge entsprechen die Luftdruck- und Luftsaugebremsen nicht, da es bei diesen nur möglich ist, die Bremsung von einem Punkte aus einzuleiten und diese so rasch als möglich im ganzen Zuge fortzupflanzen. Wie dies geschieht, soll bei der Beschreibung der einzelnen Bremssysteme gezeigt werden. Jedenfalls wird jenes Bremssystem im Vorteil sein, bei welchem der Zeitunterschied des Eintrittes der Bremsung zwischen zwei am weitesten voneinander entfernten Bremswagen — gleiche Zuglängen vorausgesetzt — der geringste ist.

Was schließlich die dritte Bedingung betrifft, so ist bekannt, daß der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Bremsklotz nicht nur von dem Material der Radreifen und Bremsklötze, sondern auch von der Geschwindigkeit abhängig ist. Die Versuche von Galton und Wichert (siehe Tabelle) zeigen, daß der Reibungskoeffizient mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt.

Werte der Reibungskoeffizienten
nach Galton[2])

Geschwindigkeit in km/st	Beginn	8·05	16·09	40·03	72·36	96·48
Reibungskoeffizient . . .	0·330	0·273	0·242	0·166	0·127	0·074

nach Wichert[2])

Geschwindigkeit in km/st	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Reibungskoeffizient für trockene Reibungsflächen	0·450	0·313	0·250	0·215	0·192	0·176	0·164	0·154	0·147	0·141
Reibungskoeffizient f. nasse Reibungsflächen . . .	0·250	0·174	0·139	0·119	0·107	0·098	0·091	0·086	0·082	0·078
Mittlerer Wert	—	0·201	0·164	0·142	0·128	0·117	0·109	0·103	0·098	0·093

[1]) Richtiger wäre es, die Lokomotiven mit 30% bis 50% vom Gesamtgewicht abzubremsen, je nachdem für welche Geschwindigkeiten sie bestimmt sind.

[2]) s. „Hütte" I. 1905, S. 211 u. 212.

Digitized by Google

Da die Größe des Reibungskoeffizienten von der Beschaffenheit des Bremsklotzmaterials abhängig ist, so sollte, damit eine möglichst gleichförmige Bremsung erzielt wird, nur solches Bremsklotzmaterial Verwendung finden, welches die geringsten Schwankungen des Reibungskoeffizienten ergibt. In Europa ist bis jetzt diesem Umstande noch zu wenig Beachtung geschenkt worden. In Amerika dagegen[1]) ist durch die Master Car Builders Association ein bestimmter Minimalwert des Reibungskoeffizienten für eine bestimmte Geschwindigkeit vorgeschrieben. Jetzt soll auch ein Maximalwert desselben festgelegt werden, damit eine möglichste Gleichförmigkeit in dem verwendeten Bremsklotzmaterial erzielt wird.

Da der Reibungskoeffizient mit Abnahme der Geschwindigkeit zunimmt, so sollte zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Verzögerung beim Bremsen eines Zuges zuerst rasch der volle Bremsdruck einsetzen und dann im Verhältnis der Zunahme des Reibungskoeffizienten mit fallender Geschwindigkeit abnehmen. Dieses Prinzip wird bei den für hohe Geschwindigkeiten bestimmten Bremsen, den sogenannten Schnellbahnbremsen, angewendet.

In dem bisher Gesagten war unter Bremsung immer jene Bremsung verstanden, welche einen Zug aus voller Geschwindigkeit auf den kürzesten Weg zum Stillstand bringt und bei welcher der volle Bremsdruck am schnellsten zur Wirkung kommt. Diese Art der Bremsung wird Schnell- oder Notbremsung genannt. Mäßige Bremsungen, welche ausgeführt werden, um die Geschwindigkeit eines Zuges auf einem Gefälle zu regeln, nennt man Regulierbremsungen. Jene welche einen Zug aus voller Geschwindigkeit durch mäßiges Verlangsamen auf einen vorher bestimmten Punkt, wie Anhalten in Stationen, zum Stillstand bringen, heißen Betriebsbremsungen. Jene Art von Bremsungen endlich, bei welchen der Zug vorerst nur mäßig eingebremst und erst später aus der Vorbremsung schnellgebremst wird, nennt man Regulier-Schnellbremsungen.

Wie aus diesen Betrachtungen hervorgeht, treffen die für das gleichförmige, stoßlose Bremsen aufgestellten Bedingungen bei den Luftdruck- und Luftsaugebremsen nur in sehr eingeschränktem Maße zu. Es soll nun der Verlauf einer Schnellbremsung bei einem von einer Lokomotive geführten langen Zuge der näheren Betrachtung unterzogen werden, wobei vorausgesetzt wird, daß sämtliche Fahrzeuge gebremst werden. Der Zug rolle mit gleichbleibender Geschwindigkeit bei offenem Regulator der Lokomotive. Wird derselbe geschlossen, so nimmt die Geschwindigkeit der Lokomotive schneller ab als jene der Wagen, da der Laufwiderstand der Lokomotive bedeutend größer ist als jener der Wagen. Die Folge davon wird sein, daß die Wagen auf die Lokomotive aufzulaufen beginnen und die Pufferfedern im vorderen Zugteile so weit zusammendrücken, als zur Erzeugung der zum Schieben der Lokomotive notwendigen Kraft erforderlich ist. Wird jetzt eine Schnellbremsung ausgeführt, welche, von vorne nach hinten fortschreitend, die Vollbremsung der Wagen bewirkt, so wird ein weiteres Auflaufen des rückwärtigen Zugteiles auf den vorderen eintreten, da letzterer früher vollgebremst ist als der erstere. Sind dabei die Pufferfedern im vorderen

[1]) s. Railroad Gazette 1906, Nr. 24.

Zugteil derart ganz zusammengedrückt worden, daß sie keine Arbeit mehr aufnehmen können, so muß die den nachdrängenden Wagen noch innewohnende lebendige Kraft beim Anhalten durch das starre Untergestell aufgenommen werden, was sich durch einen harten unelastischen Stoß äußern wird. Diese Art von Stößen können der Ladung des Zuges gefährlich werden, sie können unter Umständen ein Herausheben von leichten Wagen aus den Schienen bewirken.

Überwältigt die in den Pufferfedern durch das Zusammenpressen aufgespeicherte Arbeit die zurückhaltende Widerstandsarbeit der zeitlich früher gebremsten Lokomotive und der ersten Wagen, so werden diese Fahrzeuge, an Geschwindigkeit wieder zunehmend, nach vorne geschleudert werden und ein Anspannen der Zugvorrichtung herbeiführen. Dies wird ein weiteres Vorzerren von anderen Wagengruppen bewirken und das plötzliche Anspannen der eingesenkten Schraubenkuppeln an einer oder gleichzeitig an mehreren Stellen verursachen. Treten die Zusammenpressungen der Pufferfedern und die daraus sich ergebenden plötzlichen Anspannungen der Zugvorrichtung derart früh vor dem Stehenbleiben des Zuges auf, daß sich dieselben noch während des Laufes des Zuges ausgleichen können, so wird der Zug stoßlos, ohne Überanstrengung der Zugvorrichtung, stehen bleiben.

Ist die Geschwindigkeit des Zuges so gering, daß die Anspannungen und Zerrungen der Zugvorrichtung vor dem Stehenbleiben des Zuges noch nicht eine gefährliche Stärke erreicht haben oder das Auflaufen der Wagen und das Zusammendrücken der Pufferfedern noch nicht oder nur ganz mäßig auftreten konnte, so wird das Anhalten in diesem Falle ebenfalls sanft und stoßlos erfolgen.

Fällt dagegen das Auftreten des plötzlichen Anspannens der infolge des Auflaufens der Wagen eingesenkten Schraubenkuppeln mit dem Stehenbleiben zusammen, so bedeutet dies eine derart gewaltsame Beanspruchung aller Teile der Zugvorrichtung, daß ein oder der andere Teil derselben reißt und eine Zugtrennung verursacht. Wie die Erfahrungen lehren, kommen Brüche der Zugvorrichtung nicht nur an einer, sondern auch an mehreren Stellen im Zuge vor.

Das Reißen der Zugvorrichtung verursacht mehr oder minder starke Stöße, die jedoch elastischer sind als jene, welche, wie schon erwähnt wurde, dann auftreten, wenn bei ganz ausgenütztem Pufferspiel das starre Untergestell den Stoß aufnehmen muß. Die Stärke des Zusammendrückens der Pufferfedern infolge des Auflaufens der Wagen hängt von dem Überschuß an lebendiger Kraft ab, die den nachdrängenden zeitlich später gebremsten Wagen gegenüber den zeitlich früher gebremsten und geschobenen Wagen noch innewohnt.

Die Erfahrung lehrt, daß Stöße und Zugtrennungen bei Schnell- oder kräftigen Betriebsbremsungen nur bei einer bestimmten Geschwindigkeit vorkommen. Diese für den Zug gefährliche „kritische Geschwindigkeit“ ändert sich mit der Zusammensetzung und Abbremsung des Zuges. Erfahrungsgemäß liegt sie für Personenzüge zwischen 10 bis 30 km/st.

Als Mittel, die Stöße und Zugtrennungen bei Schnell- oder kräftigen Betriebsbremsungen langer, hoch abgebremster Züge zu verhüten, werden angewendet oder empfohlen:

Digitized by Google

1. starke, mit einer Kraft von etwa 200 kg eingespannte Pufferfedern mit einem Spiel von etwa 100 mm. 2. Verzögerung der Vollbremsung der Lokomotive und des Tenders, um durch die sich langsamer verzögernde Masse derselben ein Vorziehen der vorderen Wagen, behufs Verhütung eines zu heftigen Auflaufens, zu bewirken. 3. Verzögerung des Eintrittes der Vollbremsung der Wagen, um einen gleichmäßigeren, untereinander weniger verschiedenen Bremsdruck der aufeinander folgenden Wagen zu erzielen. 4. Möglichst schnelle Fortpflanzung der Schnellbremsung von vorne nach hinten. 5. Früherer Eintritt des Vollbremsens im rückwärtigen Zugteile als in der Mitte des Zuges — zur Verhinderung des Nachdrängens der rückwärtigen Wagen auf die vorderen. 6. Anwendung von Reibungspuffern, bei denen die beim Auflaufen der Wagen zu vernichtende lebendige Kraft durch Reibung in Wärme umgesetzt wird. 7. Herabsetzung des Bremsdruckes auf etwa 60% bis 70% des Leergewichtes der Wagen.

Ist ein Zug aus bremsbaren und nicht bremsbaren Wagen zusammengestellt, so wird das Auftreten von Stößen und Zugtrennungen, wie schon früher erwähnt wurde, viel weniger zu erwarten sein, da dessen Bremswege und Bremszeiten infolge des geringeren Gesamtbremsdruckes länger sind, daher Zeit vorhanden ist, daß sich die auftretenden Spannungen der Zugvorrichtung und die Puffereindrückungen noch während desLaufes des Zuges ausgleichen können und da die nicht gebremsten Wagen infolge ihrer leichten Beweglichkeit auf die auftretenden Zerrungen, Spannungen und Schwankungen dämpfend einwirken. Es ist dabei selbstverständlich, daß bei einem solchen Zuge die bremsbaren und nicht bremsbaren Wagen untereinander, wenn auch ungleichmäßig, gemischt sein müssen, da große Gruppen von gebremsten und große Gruppen von nicht gebremsten Wagen sich durch die auftretenden dynamischen Wirkungen sehr ungünstig beeinflussen würden. Denn würde beispielsweise ein Zug vorne eine große Gruppe gebremster, rückwärts eine große Gruppe nicht gebremster Wagen besitzen, so würden bei einer Schnellbremsung die letzteren mit einem gewaltigen Stoß auf die ersteren auflaufen. Wenn andernfalls in einem Zuge vorne eine große Gruppe nicht gebremster, rückwärts eine große Gruppe gebremster Wagen eingestellt wäre, so würde bei einer Schnellbremsung, wahrscheinlich eine Trennung der vorderen nicht gebremsten von der rückwärtigen gebremsten Gruppe eintreten.

Wird ein Zug von zwei Lokomotiven gezogen so wird das Auflaufen der Wagen auf diese in einem noch höheren Maße erfolgen, da sich die von den Wagen zu schiebende Masse verdoppelt hat. Zwei Lokomotiven wirken daher auf den Verlauf von Schnellbremsungen ungünstiger als eine Lokomotive ein.

Die Teile, aus welchen eine durchgehende schnellwirkende Bremse zusammengesetzt ist, sind in drei Gruppen zu trennen:

1. In jene, welche das Arbeitsmittel erzeugen und aufspeichern und gegebenenfalls die Bremskraft auslösen oder aufheben; 2. in jene, welche das Auslösen der Bremskraft von Fahrzeug zu Fahrzeug übertragen; 3. in jene, welche den Bremsdruck auf die Räder der Fahrzeuge ausüben.

Die erst angeführten Bremsbestandteile sind nur auf der Lokomotive angebracht und bestehen aus Pumpen oder Saugern zur Erzeugung des Arbeitsmittels, das ist die verdichtete oder verdünnte Luft,

aus Schiebern, Ventilen oder Hähnen zum Auslösen oder Aufheben der Bremskraft. Hierzu kommen noch die Meßapparate in Form von Druckmessern zum Ablesen des Grades der Verdichtung oder Verdünnung der Luft. Sie dienen gleichzeitig zur Beurteilung der Stärke der ausgeübten Bremskraft.

Die Teile der **zweiten** Gruppe bestehen aus einer zwischen den Fahrzeugen durch biegsame Schläuche verbundenen Rohrleitung und aus Schnellbrems- bzw. Steuerventilen, jene der **dritten** Gruppe aus Bremszylindern und Behältern. Die Bremszylinder üben durch Vermittlung von Bremsgestängen und Bremsklötzen den Bremsdruck auf die Räder der Fahrzeuge aus. Der Bremsdruck mit dem jeweiligen der betreffenden Geschwindigkeit entsprechenden Reibungskoeffizienten multipliziert gibt die Bremskraft.

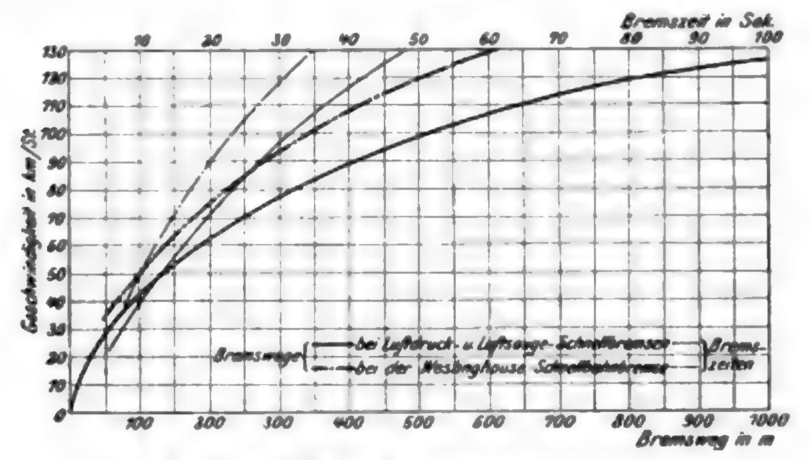


Abb. 1. Schaubild der Bremswege und Bremszeiten.

Eine kleine Gruppe für sich bilden jene Teile, welche dazu dienen, die Bremskraft im Gefahrfalle vom Zuge aus auslösen zu können. (Notbremsventile- oder Hähne).

Die wichtigste Rolle bei den Schnellbremsen spielen die sogenannten **Schnellbrems-Übertragungs-** oder **Beschleunigungsventile**. Dieselben dienen dazu, die von der Lokomotive aus ausgelöste Bremskraft in der möglichst kürzesten Zeit im Zuge von vorne nach hinten fortzupflanzen. Die Zeit, welche von dem Einleiten der Bremsung auf der Lokomotive bis zum Ansprechen des Schnellbremsventiles am **letzten** Wagen verstreicht, nennt man die **Durchschlagszeit**. Die gesamte Länge der durchlaufenden Bremsrohrleitung des Zuges in Metern, dividiert durch die Durchschlagszeit in Sekunden, gibt die **Durchschlagsgeschwindigkeit** ausgedrückt in m/sek, das ist jene Geschwindigkeit, mit welcher das Ansprechen der Schnellbremsventile im Zuge nacheinander sich fortpflanzt.

Die Schwierigkeit, einen Zug stoßlos zum Halten zu bringen, wächst mit der Zuglänge und der Stärke der Abbremsung des ganzen Zuggewichtes. Die für Zuglängen bis etwa 300 m noch ausreichenden Personenzugbremsen lassen sich in ihrer bisherigen Ausführung für die längeren Güterzüge nicht mehr verwenden. Es müssen vielmehr für die-

Digitized by Google

selben Änderungen an den bestehenden Konstruktionen vorgenommen werden, um die bestehenden Bremssysteme für lange, bis 200 Achsen zählende Güterzüge brauchbar zu gestalten. Mit welchen Erfolgen dies bis jetzt geschehen ist, soll, soweit Ergebnisse vorliegen, an anderer Stelle besprochen werden.

Die Bremssysteme selbst sind zu trennen in die Einkammer- und die Zweikammerbremsen. Bei den ersteren wird der Kolben im Bremszylinder vom Arbeitsmittel nur von einer Seite, bei den Zweikammerbremsen von beiden Seiten beeinflußt.

Das Schaubild Abb. 1 zeigt die mit den heutigen Luftdruck- und Luftsaugeschnellbremsen auf horizontaler Bahn bei mit 100% der Wagenachsen gebremsten Zügen erreichbaren mittleren Bremswege und Bremszeiten für Geschwindigkeiten bis 130 km pro Stunde. Die strichpunktierten Linien zeigen die bei den Versuchen der Kgl. Bayerischen Staatsbahn mit der Westinghouse-Schnellbahnbremse erreichten Bremswege und Bremszeiten.

2. Luftdruckbremsen.

a) Die Westinghouse-Schnellbremse.

Auf die Beschreibung der Westinghouse-Schnellbremse für Personen und Schnellzüge wird hier nicht näher eingegangen, da ihre Teile an anderer Stelle genau beschrieben sind, daher als genügend bekannt vorausgesetzt werden können.[1])

Bezüglich der Wirkungsweise dieser Einkammerbremse, welche sich im allgemeinen mit der später zu beschreibenden „Knorr"-Bremse deckt, sei nur kurz in Erinnerung gebracht, daß für die Bereitschaft der Bremse ein Druck von 5 at in der Hauptrohrleitung und in den Hilfsluftbehältern aufrecht erhalten wird. Zur Erzielung einer Betriebs- oder Regulierbremsung wird der Leitungsdruck um $^2/_5$ bis $^1/_2$ at vermindert, wodurch die Bremszylinder die Bremsklötze mit mäßigem Druck an die Räder zum Anpressen bringen. Zur Verstärkung des Bremsdruckes muß eine weitere Verminderung des Leitungsdruckes vorgenommen werden.

Ein Ermäßigen des Bremsdruckes läßt diese Bremse nicht zu, es kann nur ein vollständiges Lösen derselben bewirkt werden. Zum sehr raschen Anhalten wird der Leitungsdruck plötzlich stark erniedrigt, wodurch die Schnellbremsventile mit einer Durchschlagsgeschwindigkeit von 170 bis 200 m pro Sekunde nacheinander in Wirkung treten und die größtmögliche Bremskraft auslösen.

Ein rasch aufeinanderfolgendes oftmaliges Betätigen und Lösen der Bremse kann, wenn keine Zeit zum Nachfüllen der Hilfsluftbehälter erübrigt, zur Erschöpfung der Bremskraft führen. Die beinahe jährlich wiederkehrenden Unfälle bei Einfahrten in Kopfstationen dürften auf diesen Umstand zurückzuführen ein.

Um für das Nachfüllen der Hilfsluftbehälter Zeit zu gewinnen, ohne ein zu rasches Anwachsen der Geschwindigkeit auf starken Gefällen während des zum Nachfüllen der Hilfsbehälter sonst notwendigen vollständigen Lösens der Bremse befürchten zu müssen, werden bei manchen

[1]) vgl. Eisenbahntechnik der Gegenwart 1898, II. Bd., S. 610.

Digitized by Google

Bahnen die sogenannten **Rückhaltventile** angewendet, welche beim Lösen der Bremse nur ein sehr langsames Ausströmen der verbrauchten Druckluft aus dem Bremszylinder gestatten, daher den Bremsdruck nur langsam abnehmen lassen. Diese Ventile werden vor Befahren eines steilen Gefälles von Hand aus eingeschaltet, nach Verlassen desselben ebenso

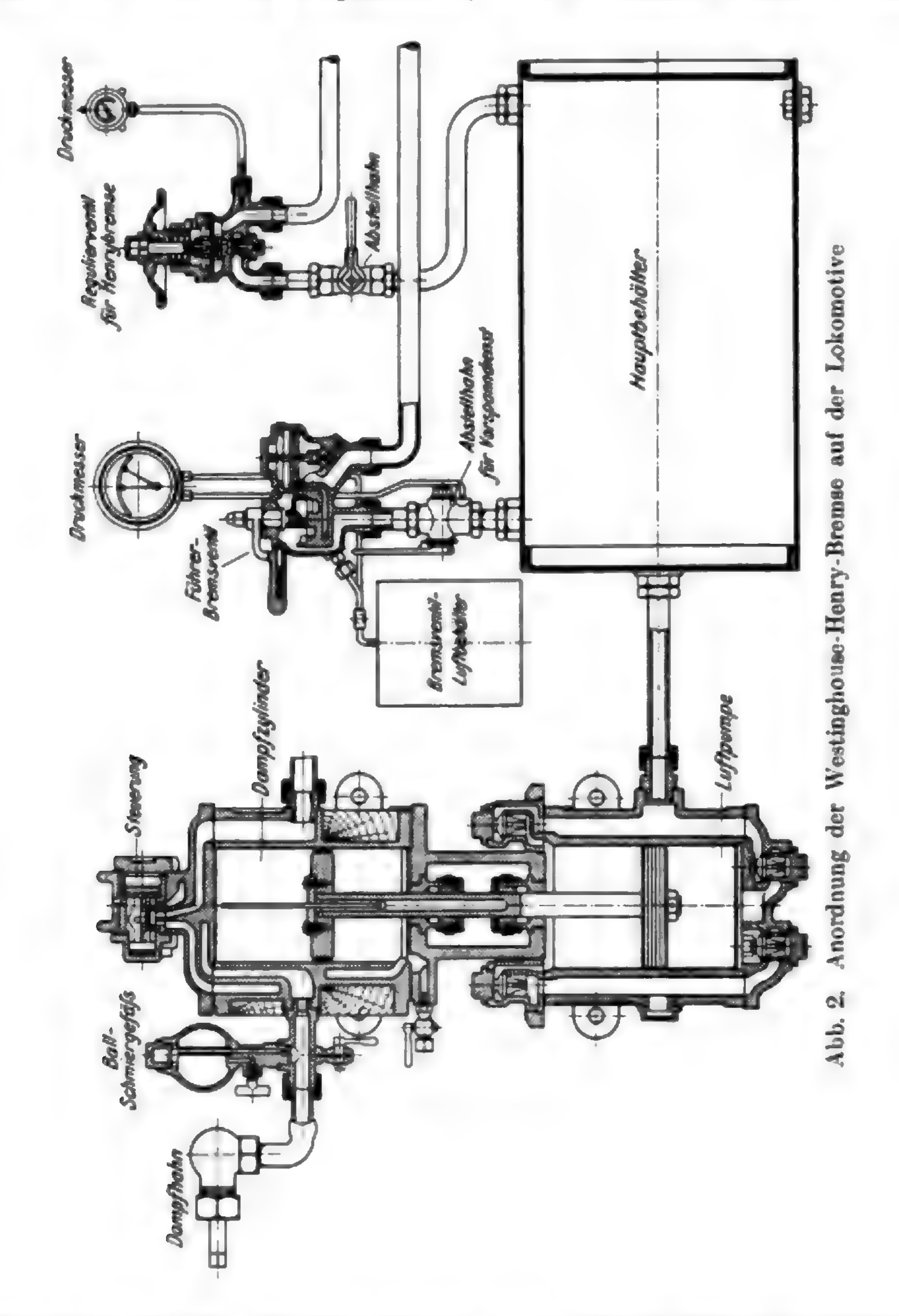


Abb. 2. Anordnung der Westinghouse-Henry-Bremse auf der Lokomotive

wieder ausgeschaltet. Zur Ermöglichung des guten Regelns der Geschwindigkeit auf langen geneigten Strecken wurde von **Henry**, Chefingenieurs der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn, zu der Schnellbremse die **nichtselbsttätige** Luftdruckbremse hinzugefügt. (Siehe Abb. 2 und 2a.) Für diesen Zweck ist auf der Lokomotive ein eigenes mit dem Hauptbehälter unmittelbar in Verbindung stehendes **Regulierventil** und auf allen Fahr-

Digitized by Google

zeugen eine zweite durchgehende Rohrleitung angeordnet. Ferner ist in einer von der letzteren zum Bremszylinder führenden Zweigleitung ein Doppelrückschlagventil (Abb. 3) eingebaut, welches einerseits mit dem Bremszylinder, anderseits mit dem Steuerventil in Verbindung steht.

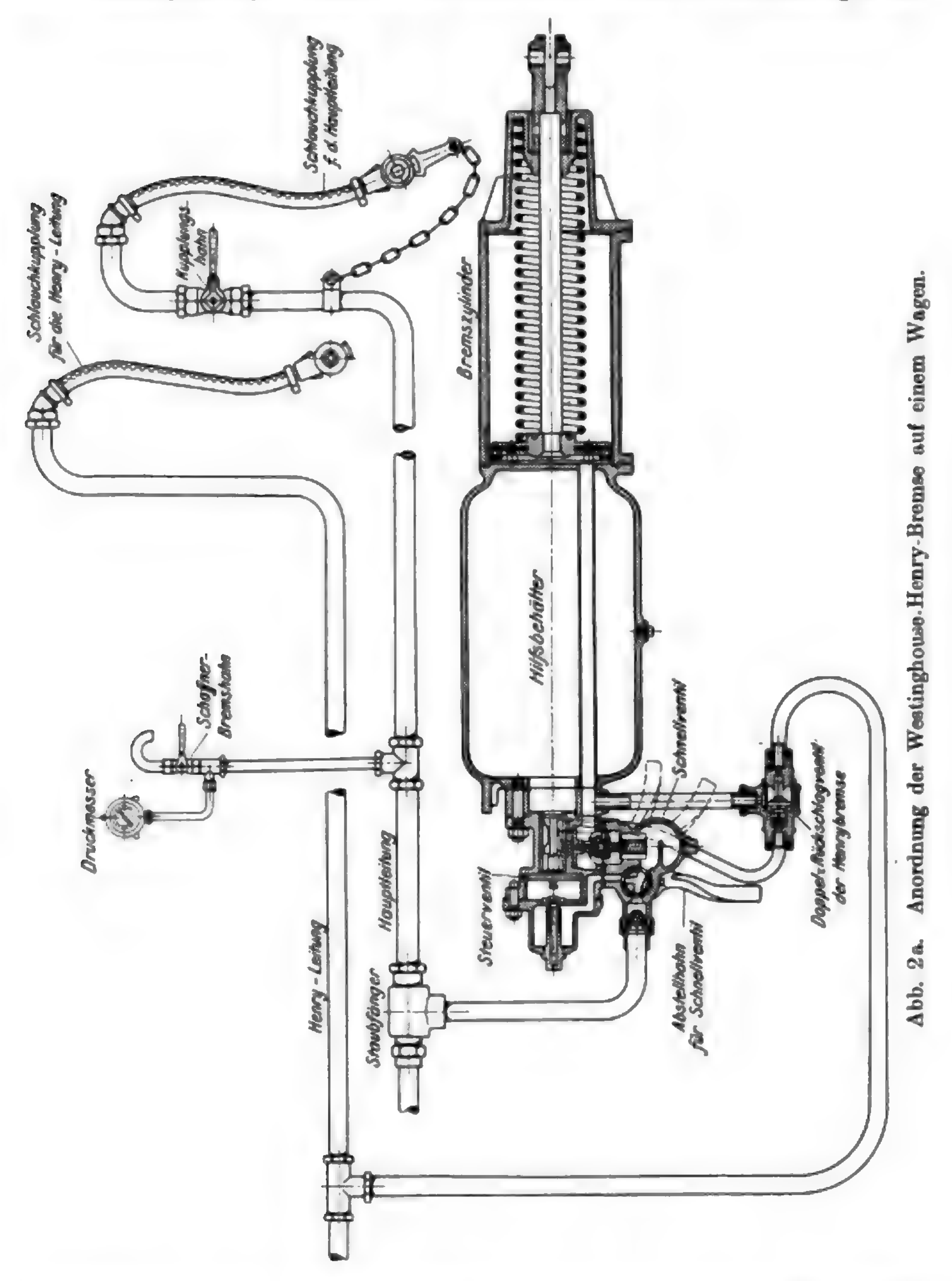
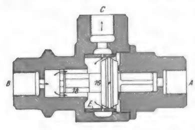


Abb. 2a. Anordnung der Westinghouse-Henry-Bremse auf einem Wagen.

Je nachdem mit nichtselbsttätiger oder mit selbsttätiger Bremse gebremst wird, verbindet das Doppelrückschlagventil den Bremszylinder mit der zweiten Rohrleitung oder schließt diese vom Bremszylinder ab. Das Doppelrückschlagventil (Abb. 3) besteht aus einem zweiteiligen Gehäuse,

Digitized by Google

in welchem der Kolben 15 eingebaut ist. Derselbe besitzt Gummiringe, welche den dichten Abschluß in den beiden Endstellungen des Kolbens besorgen. Der Kolben 15 steht mit einem Schieber 18 in Verbindung, der die Bohrung *m* beherrscht. Bei *A* steht das Ventil mit der Hauptleitung der nichtselbsttätigen Bremse, bei *B* mit dem Steuerventil der selbsttätigen Bremse, bei *C* mit dem Bremszylinder in Verbindung. Nebenbei sei hier bemerkt, daß das Steuerventil bei dieser Bremsanordnung gegenüber dem normalen Steuerventil der gewöhnlichen Westinghouse-Schnellbremse derart abgeändert ist, daß eine direkte Verbindung des Hilfsluftbehälters mit dem Bremszylinder über das Steuerventil nicht möglich ist, sondern nur auf dem Umwege über das Doppelrückschlagventil.



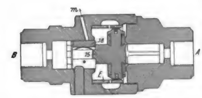


Abb. 3. Doppelrückschlagventil.

Die Wirkungsweise des letzteren ist folgende: Wird die selbsttätige Bremse verwendet, so drückt die vom Steuerventil durch *B* eintretende Druckluft den Kolben 15 gegen *A*, es wird somit die Leitung der nicht-selbsttätigen Bremse abgeschlossen, so daß die Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter durch die in der Büchse *E* angebrachten Bohrungen nach dem Bremszylinder abströmen kann. Der Schieber 18 verschließt dabei die Bohrung *m*. Bei Lösen der Bremse strömt die Druckluft vom Bremszylinder nach dem Steuerventil zurück.

Wird die nichtselbsttätige Bremse betätigt, so schiebt die durch *A* kommende Druckluft den Kolben 15 gegen *B*, wobei derselbe die Leitung zum Steuerventil abschließt, der Schieber 18 die Bohrung *m* freigibt, und die Druckluft aus der Rohrleitung der nichtselbsttätigen Bremse durch die Bohrungen in der Büchse *E* nach dem Bremszylinder strömt. Das Entbremsen erfolgt durch das Rückströmen der Druckluft durch die Hauptleitung nach dem Regulierbremsventil auf der Lokomotive und durch dieses ins Freie.

Bei angezogener nichtselbsttätiger Bremse ist es immer möglich, durch Betätigung der selbsttätigen Bremse die Bremswirkung behufs raschen Anhaltens zu beschleunigen, vorausgesetzt, daß die vom Steuerventil kommende Druckluft höher gespannt ist als jene in der Leitung der nichtselbsttätigen Bremse.

Im umgekehrten Fall, wenn zuerst die selbsttätige Bremse betätigt wurde, darf die nichtselbsttätige in keinem Falle angewendet werden, da ein Umsteuern des Kolbens 15 samt Schieber 18 zur Folge hätte, daß

Digitized by Google

der Hilfsluftbehälter, welchen das Steuerventil mit dem Bremszylinder in diesem Falle verbindet, durch die Bohrung *m* von Druckluft entleert würde. Diese zuletzt besprochene Reihenfolge der Bedienung beider Bremsen kann jedoch dann angewendet werden, wenn bei angehaltenem Zuge die defekt gewordene selbsttätige Bremse rasch ausgeschaltet werden soll, was durch Ausblasen der Hilfsluftbehälter in der angedeuteten Weise geschieht. Dabei muß die Hauptleitung der selbsttätigen Bremse vorerst von Druckluft ganz entleert werden.

Die Westinghouse-Henry-Bremse, Westinghouse-Doppelbremse oder auch P.-L.-M.-Bremse genannt, steht bei der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn, der Gotthardbahn, den Schweizer Bundesbahnen, den Italienischen Staatsbahnen und auf der Schwarzwaldstrecke der Badischen Staatsbahnen in Verwendung.[1]) Die Ungarischen Staatsbahnen wenden auf starken Gefällstrecken die Henry-Bremse nur für die Lokomotive und den Tender an.

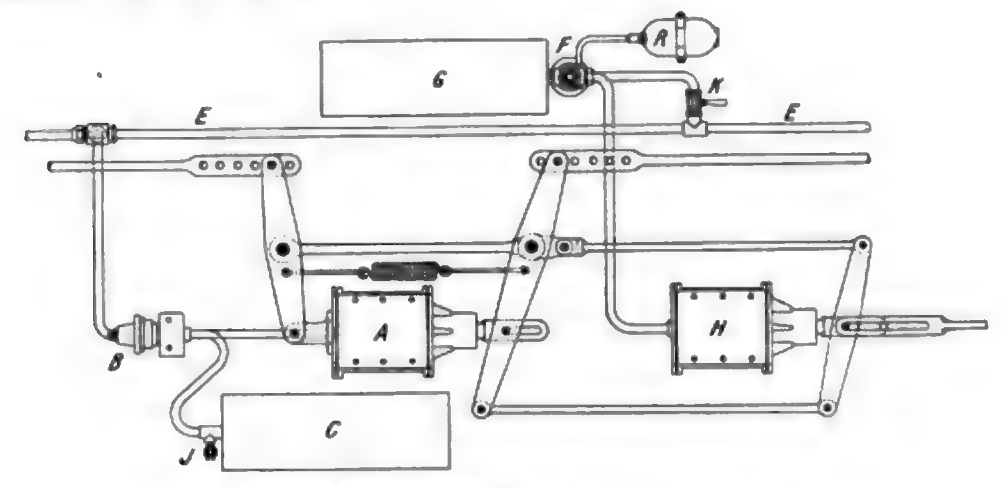


Abb. 4. Anordnung der Schnellbahnbremse.

Für sehr rasch, über 100 km/st fahrende Schnellzüge genügt die gewöhnliche Schnellbremse nicht mehr, denn mit der Zunahme der Geschwindigkeit nimmt der Wert der Reibung zwischen Rad und Bremsklotz sehr rasch ab, so daß die Bremswege erheblich anwachsen, wie aus der Bremswegkurve Abb. 1 zu ersehen ist. Um bei hohen Geschwindigkeiten die Bremswirkung zu erhöhen und die Bremswege aus Gründen der Betriebssicherheit möglichst kurz zu erhalten, muß der Bremsdruck im Verhältnis der Abnahme des Reibungskoeffizienten erhöht werden. Die Wirkung der Bremse muß jedoch so erfolgen, daß bei Abnahme der Geschwindigkeit auch der Bremsdruck entsprechend sinkt, und schließlich jene Größe erreicht, welche gerade noch das Rollen der Räder gestattet.

In Amerika wurde die Schnellbahnbremse (high speed brake) in der Weise ausgeführt, daß der Druck in der Hauptleitung und den Hilfsbehältern bis auf ca. 10 at erhöht wurde. Die Druckabnahme in den Bremszylindern besorgen selbsttätig wirkende Luftauslaßventile.

In Europa wurde von den Kgl. Bayer. Staatsbahnen im Jahre 1905 eine Schnellbahnbremse der Westinghouse-Bremsengesellschaft versucht[2]).

[1]) siehe auch Eisenbahntechnik der Gegenwart 1898, II. Bd., S. 625.

[2]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1905, Heft 10.

bei welcher der Leitungsdruck nicht erhöht wird, sondern der höhere Bremsdruck durch einen neben der gewöhnlichen Schnellbremseinrichtung angeordneten zweiten Bremszylinder mit Hilfsluftbehälter und einem gewöhnlichen Steuerventil ohne Schnellwirkung hervorgebracht wird. Beide Bremszylinder sind an ein gemeinsames Bremsgestänge angeschlossen. Die Gesamtanordnung zeigt Abb. 4. Es sind somit zwei voneinander unabhängige Luftdruckbremsen vorhanden, die mit der Hauptleitung *E* verbunden sind. Der Bremszylinder *A* mit schnellwirkendem Steuerventil *B*, Hilfsluftbehälter *C* und Auslöseventil *J* gehören zu der gewöhnlichen schnellwirkenden Bremse. Der Bremszylinder *H* mit dem altartigen Steuerventil ohne Schnellwirkung *F*, dem Hilfsluftbehälter *G* und der an das Steuerventil angeschlossenen Graduierkammer *R* bilden die Zusatzbremse. In der Zweigleitung zu dieser befindet sich ein Hahn *K*, welcher dazu dient, die Zusatzbremse abzuschalten, falls der Wagen nur mit der gewöhnlichen Schnellbremse gebremst werden soll. Die Wirkung dieser Schnellbahnbremse ist folgende:

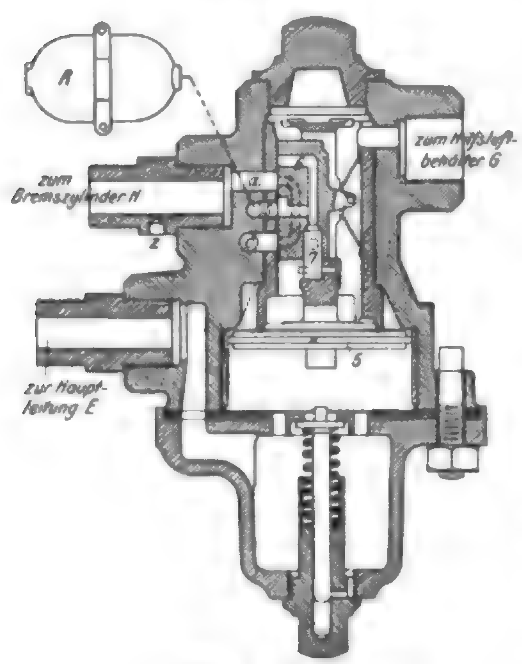


Abb. 5. Steuerventil.

Wird eine mäßige Betriebsbremsung durch kleine Reduktion des Druckes in der Hauptleitung eingeleitet, so arbeitet die Schnellbremse in der bekannten Weise. Die Zusatzbremse wirkt dabei nicht mit. Denn durch die kleine Verminderung des Druckes unter dem Kolben 5 des Steuerventiles (Abb. 5) wird dieser vorerst durch den höheren Druck im Hilfsluftbehälter nur so weit nach unten geschoben, daß Druckluft durch das Abstufungsventil 7 im Schleppschieber 6 in die Graduierkammer *R* strömt. Nach erfolgtem Druckausgleich zwischen Kammer *R* und Behälter *G* und weiterer Druckverminderung unter dem Kolben 5 wird dieser weiter nach unten bewegt, wobei er den Schleppschieber 6 mitnimmt, so daß eine Verbindung zwischen dem Hilfsluftbehälter *G* und dem Bremszylinder *H* durch den Kanal *a* entsteht. Wird durch diese Verbindung der Druck infolge Volumsvergrößerung oberhalb des Kolbens 5 kleiner als unterhalb desselben, so wird er wieder angehoben, der Kanal *a* abgesperrt und der Bremszylinder mit der Ausströmöffnung *c* in Verbindung gebracht. Die Druckluft entweicht sohin durch die Bohrung *z* und die Öffnung *c* aus dem Bremszylinder ins Freie. Durch die Bohrung *z* entweicht im übrigen Druckluft sofort nach dem Einströmen derselben in den Bremszylinder.

Wird eine kräftigere Betriebsbremsung ausgeführt, so wirkt der Zusatzbremszylinder mit, jedoch nur so stark und so lang, als dies das Maß der Druckverminderung in der Hauptleitung zuläßt. Bei einer Schnellbremsung, bei welcher ein plötzlicher und starker Druckabfall

Digitized by Google

erzeugt wird, schießt der Kolben 5 sofort in seine tiefste Lage und der Schleppschieber 6 gibt den Kanal *a* gleichzeitig ganz frei, wodurch die Druckluft aus dem Hilfsbehälter in den Bremszylinder schnell überströmen kann; es kommt sohin die Zusatzbremse zugleich mit der Schnellbremse zu voller Wirkung. Die Graduierkammer *R* bleibt druckfrei, da der Kanal *s* von dem Schleppschieber 6 überdeckt wird. Die Druckabnahme im Bremszylinder, somit die Größe des Gesamtbremsdruckes, nimmt in dem Maße ab, als Druckluft durch die Bohrung *z* abströmt. Wird die Druckverminderung im Bremszylinder kleiner als der in der Hauptleitung verbliebene Druck, so steuert der Kolben 5 um und die Zusatzbremse wird gelöst. Es hängt also die Dauer der Wirkung der Zusatzbremse von der Größe der Bohrung *z* und von der Größe der für die Schnellbremsung erzeugten Druckverminderung in der Hauptleitung ab. Durch größere oder geringere Verminderung des Leitungsdruckes beim Einleiten der Schnellbremsung kann somit die Dauer des Gesamtbremsdruckes der Fahrgeschwindigkeit angepaßt werden, d. h. bei größerer Druckverminderung wirkt die Zusatzbremse länger, bei geringerer kürzer. Das Zifferblatt des den Druck in der Hauptleitung auf der Lokomotive anzeigenden Druckmessers ist derart ausgeführt, daß neben der Atmosphärenteilung die Fahrgeschwindigkeit in km/st angegeben ist, bei welcher die zweckmäßigste Druckverminderung zur Erzielung der entsprechenden Dauer der Wirkung der Zusatzbremse auszuführen ist.

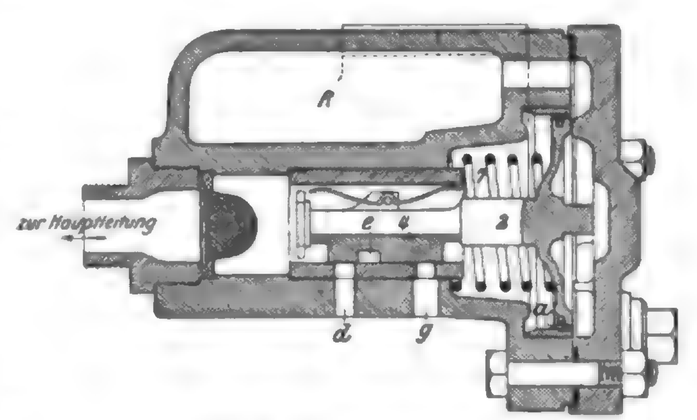


Abb. 6. Übertragungsventil.

Wie bedeutend die Bremswege bei hohen Geschwindigkeiten mit dieser Schnellbahnbremse gekürzt werden können, zeigt die in Abb. 1 eingezeichnete strichpunktierte Schaulinie, welche die bei den Versuchen der Kgl. Bayer. Staatsbahnen erreichten Bremswege angibt.

Wenn bei der Westinghouse-Schnellbremse zwischen zwei Bremswagen eine größere Gruppe von nur mit Leitung versehenen Wagen eingestellt ist, so schlägt eine Schnellbremsung über diese Leitungswagen nicht durch, d. h. die Schnellbremsung tritt nur bis zu diesen Leitungswagen ein, die auf diese Leitungswagen folgenden Bremswagen erfahren nur eine scharfe Betriebsbremsung. Um diesen Übelstand, der sich in Stößen und Zugtrennungen äußern würde, zu beseitigen, hat die Westinghouse-Bremsen-Gesellschaft für Leitungswagen ein Übertragungsventil eingeführt, welches das sichere Durchschlagen einer Schnellbremsung bis an das Ende des Zuges gewährleistet. Dieses Übertragungsventil (siehe Abb.6) ist mit einem kurzen Rohr an die Hauptleitung angeschlossen und arbeitet in folgender Weise: Bei einer Betriebsbremsung bleibt der Kolben 2 in Ruhe, da bei der langsamen und mäßigen Druckverminderung durch die Nut *a* ein Druckausgleich zwischen der Rohrleitung und der Kammer *R* stattfindet. Tritt

eine rasche und starke Druckabnahme wie bei Einleitung einer Schnellbremsung ein, so drückt die in der Kammer *R* befindliche Druckluft den Kolben 2 nach links. Dabei öffnet Schieber 4 die Bohrungen *g* und *d*, wodurch Druckluft aus der Rohrleitung durch *g*, aus der Kammer *R* durch *e* und *d* ins Freie so lange strömt, bis die Feder 7 im Vereine mit dem in der Leitung noch herrschenden Drucke den Kolben 2 wieder in seine ursprüngliche Lage zurückschiebt. Durch das plötzliche Ausströmen der Druckluft aus der Hauptrohrleitung mittelst dieses Ventils wird die Druckabnahme in dieser rasch nach rückwärts fortgepflanzt.

In Amerika hat die Westinghouse-Bremsen-Gesellschaft für lange Güterzüge ein neues Steuerventil „Bauart K" (schematisch dargestellt in Abb. 7) eingeführt, welches so empfindlich ist, daß auch bei Betriebs- und Regulierbremsungen die Schnellwirkung eintritt, jedoch je nach dem Grade der vom Lokomotivführer bewirkten Druckverminderung mit abgestufter Stärke, so daß jede solche Bremsung als Schnellbremsung von mäßiger Kraft angesehen werden kann.

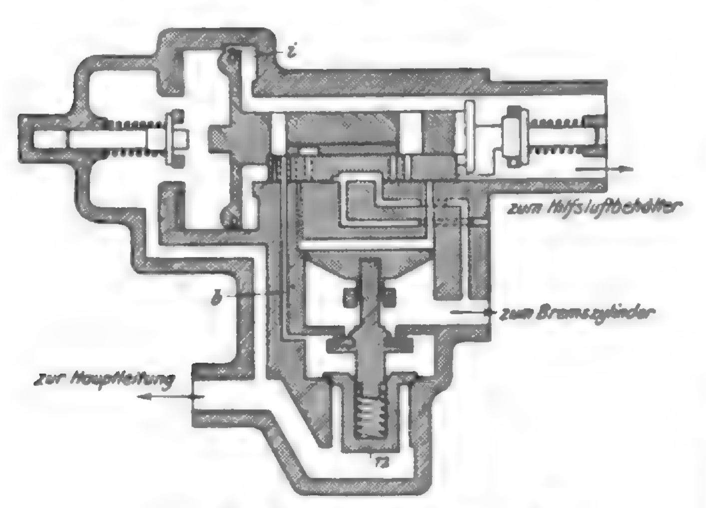


Abb. 7. Steuerventil, Bauart „K".

Ferner ist dieses Ventil so konstruiert, daß beim Lösen der Bremse im vorderen Zugteil — infolge des hier schneller und kräftiger auftretenden Druckes — die Steuerkolben mit Schleppschiebern über die Lösestellung hinausgeschoben werden, wodurch Luft entweder gar nicht oder nur gedrosselt aus dem Bremszylinder entweichen kann. Dadurch werden die rückwärtigen Wagen, bei welchen die Verschiebung der Steuerkolben nur bis in die Lösestellung erfolgte, schneller entbremst werden als die vorderen. Durch das spätere Entbremsen des vorderen Zugteiles sollen die bei Verwendung der Steuerventile älterer Bauart vorkommenden Stöße und das Vorschießen des vorderen Zugteiles, beim Lösen der Bremse, und die dadurch bedingten Zugtrennungen vermieden werden. Ferner wird nach Angabe der Gesellschaft durch dieses Ventil ein fast gleichzeitiges Auffüllen aller Hilfsluftbehälter im Zuge ermöglicht, da bei jenen Ventilen, welche über die volle Lösestellung hinausgeschoben wurden, der Steuerkolben die Füllnut *i* (Abb. 7) ganz abschließt, die Druckluft nur ganz langsam durch das Ventil 12, den Kanal *b* und durch Bohrungen im Schleppschieber in den Hilfsbehälter strömt, während bei jenen Steuerkolben, welche in der vollen Lösestellung stehen, das Auffüllen des Hilfsluftbehälters in der in der Zeichnung angegebenen Stellung des Steuerkolbens durch die freigegebene Füllnut *i* geschieht.

Zur besseren Regelung der Geschwindigkeit auf langen und steilen Gefällsstrecken und zur Verhütung des Vorschnellens der Lokomotive

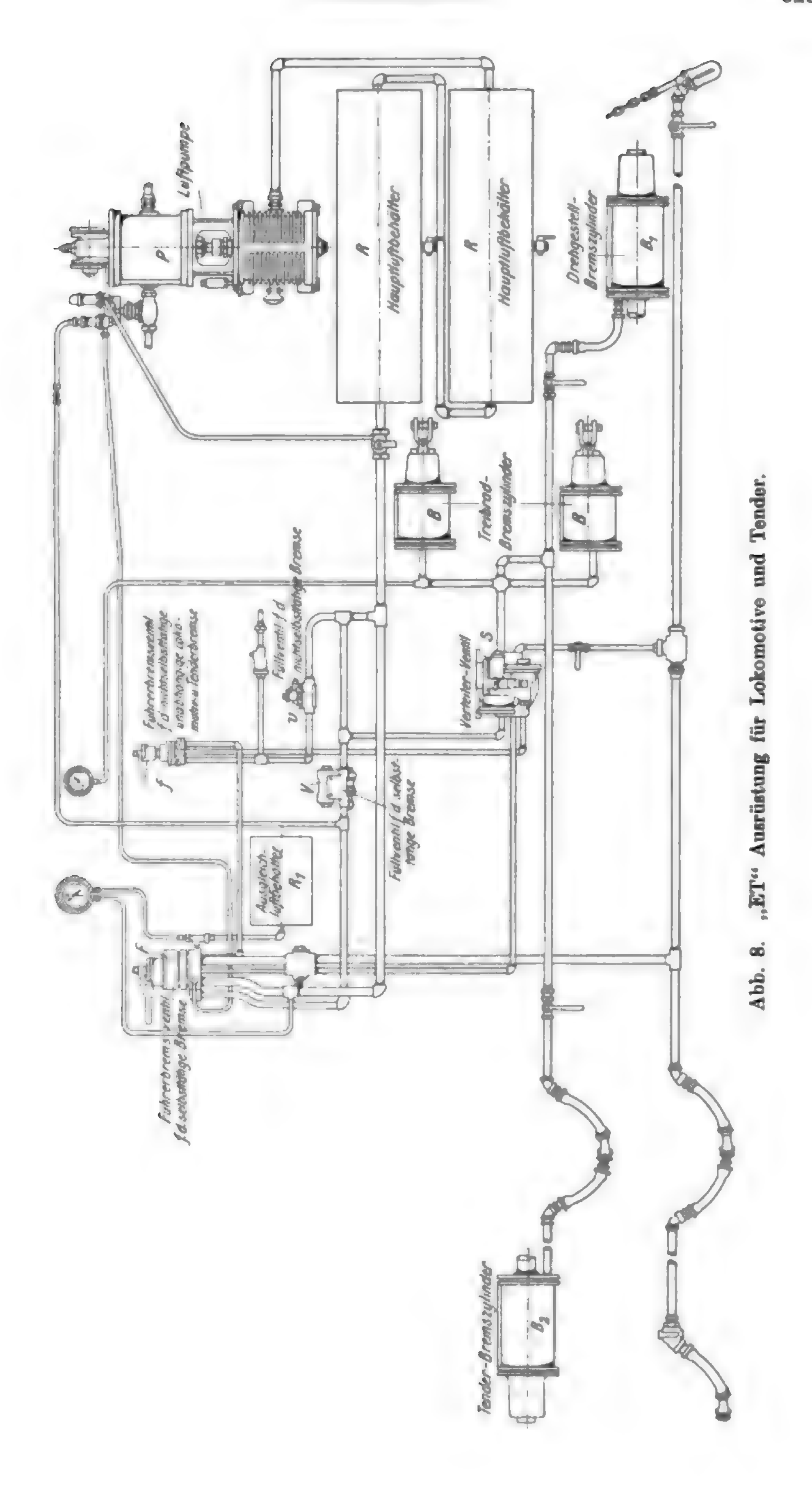


Abb. 8. „ET" Ausrüstung für Lokomotive und Tender.

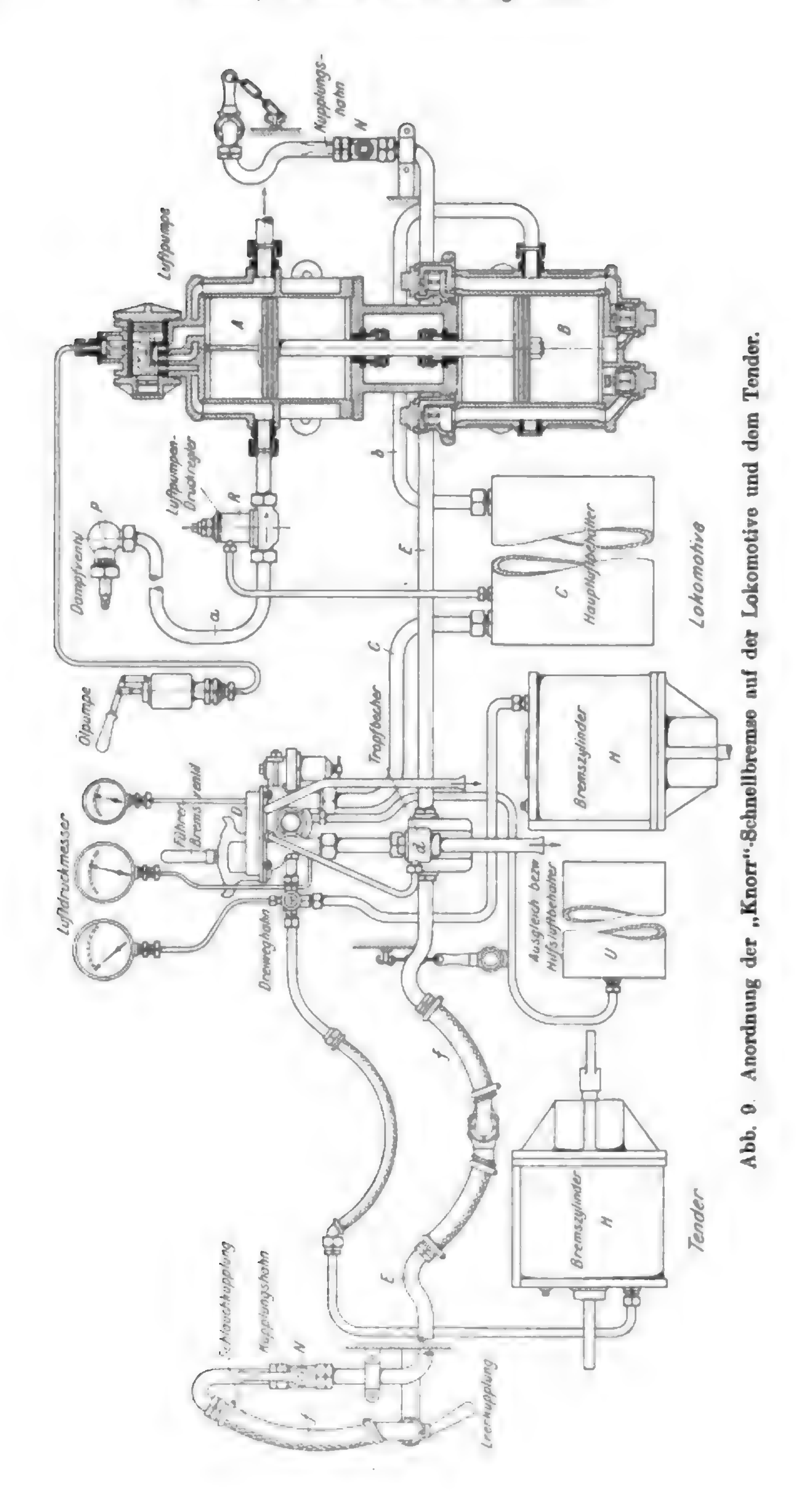


Abb. 9. Anordnung der „Knorr"-Schnellbremse auf der Lokomotive und dem Tender.

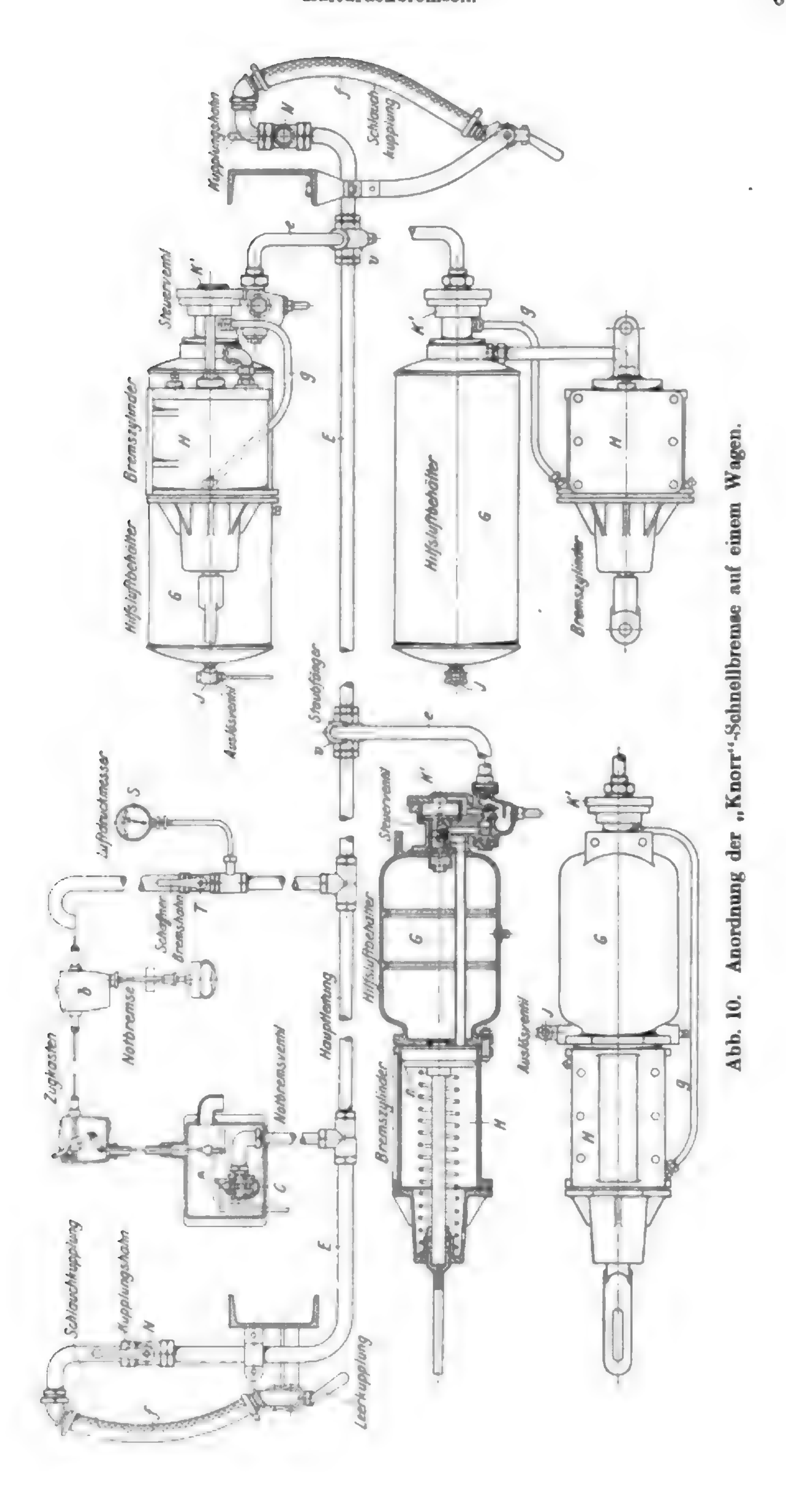


Abb. 10. Anordnung der „Knorr"-Schnellbremse auf einem Wagen.

samt Tender bei Lösen der Bremse, werden in Amerika die Lokomotiven und Tender mit einer Bremsausrüstung versehen, welche sowohl die selbsttätige als auch die nichtselbsttätige Bremsung der Lokomotive und des Tenders ermöglicht. Die als „ET" bezeichnete Ausrüstung zeigt schematisch die Abb. 8. Aus derselben ist zu ersehen, daß die Lokomotiv- und Tenderbremse eine besondere Leitung besitzen. Es sind zwei Führerbremsventile vorhanden, *F* für die selbsttätige, *f* für die nicht selbsttätige, unabhängige Lokomotiv- und Tenderbremse. Die Bremszylinder beider haben keine Hifsluftbehälter und keine eigenen Steuerventile. Dieselben ersetzt das sehr vielteilige gemeinsame Steuerventil *S* (Verteilerventil = distributing valve). Bei dieser Ausrüstung wird bei automatischer Bremsung die Lokomotive- und Tender-Bremse immer später gelöst als jene des Zuges. In der „Lösestellung" des Bremshebels des Führerbremsventiles *F* wird nur der Wagenzug, in der „Fahrtstellung" erst die Lokomotive und der Tender entbremst. Eine zwischen der „Fahrtstellung" und der „Abschlußstellung" eingeschaltete Stellung des Bremshebels (holding position) ermöglicht jedoch nach Lösung der Zugbremse, die Lokomotive und den Tender weiter gebremst zu halten. Unabhängig von der Zugbremse kann die Bremse der Lokomotive und des Tenders durch das zweite kleinere Führerbremsventil *f* bedient werden. Dasselbe ermöglicht auch bei geschlossener Zugbremse die Lokomotiv- und Tenderbremse zu lösen. Die Wirkungsweise dieser „ET"-Einrichtung ist somit ähnlich jener in Europa von Henry eingeführten Ausrüstung für Lokomotiven.

b) Die Knorr-Schnellbremse.

Eine aus der Westinghouse-Schnellbremse hervorgegangene Bremse ist die Knorr-Schnellbremse, welche bei den Kgl. Preußischen Staatsbahnen im größeren Umfange zur Einführung gelangte. Von der Westinghouse-Schnellbremse unterscheidet sie sich hauptsächlich in der einfacheren Bremsausrüstung der Lokomotive und des Tenders. Wie bei der vorher beschriebenen „ET"-Westinghouse-Ausrüstung fehlen hier die Hilfsluftbehälter und Steuerventile. Lokomotiv- und Tenderbremse besitzen ebenfalls eine eigene Rohrleitung. Das Knorr-Steuerventil ist in seiner Bauart etwas einfacher als jenes von Westinghouse. Abb. 9 zeigt die Ausrüstung einer Lokomotive und Tender, Abb. 10 jene eines Wagens mit Knorr-Schnellbremse. Abb. 10 zeigt ferner zwei verschiedene Anordnungen des Bremszylinders und des Hilfsluftbehälters.

Gegenüber der Westinghouse-Schnellbremse werden folgende Vorteile dieser Bremse hervorgehoben:

1. Größere Einfachheit und Billigkeit in Beschaffung und Unterhaltung.
2. Erzielung kürzerer Bremswege.
3. Stoßloses Anhalten.
4. Beseitigung des unangenehmen Geräusches beim Lösen der Bremsen.
5. Rasches Lösen der Bremse und rasches Auffüllen der Hilfsluftbehälter.
6. Die Durchschlagsgeschwindigkeit ist größer, etwa 220 m gegen 170 m bei der Westinghouse-Schnellbremse.

Die Gesamtwirkung der Knorr-Schnellbremse ist folgende:

α) Laden. Vor Verlassen des Heizhauses wird die Luftpumpe *AB* (Abb. 9) durch Öffnen des Dampfventils *P* in Gang gesetzt und der Haupt-

Digitized by Google

luftbehälter *C* mit Druckluft von 8 at Spannung angefüllt. Der Druckregler *R* beeinflußt selbsttätig durch Regelung der Dampfzufuhr den Gang der Luftpumpe, je nachdem die Spannung der Luft im Hauptluftbehälter steigt oder sinkt. — Ist die Lokomotive an den Zug angefahren und die durchgehende Bremsleitung *E* verbunden worden, so bringt der Lokomotivführer den Bremshandgriff des Führerbremsventiles (Abb. 11) in die „Füllstellung I", in welcher der Hauptluftbehälter *C* mit der Hauptrohrleitung *E* mittels des durch den Schieber 5 des Führerbremsventiles bloßgelegten Kanales *E* direkt verbunden wird. Gleichzeitig wird in dieser Stellung der Ausgleichbehälter *U* (Abb. 9) mit Druckluft durch Vermittlung des Ausgleichkolbens 21 (Abb. 11) mit Ausgleichschieber 28 des Führerbremsventiles angefüllt. Die Bremszylinder *H* der Lokomotive und des Tenders sind in der „Füllstellung" des Bremshandgriffes mit der Außenluft in Verbindung.

Bei den Wagen tritt die Druckluft aus der Leitung in das Steuerventil *K'* (Abb. 10) ein, schiebt den Steuerkolben 5 mit Schleppschieber 6 (Abb. 12) in die gezeichnete Stellung, drückt das Ventil 19 auf und gelangt durch den Kanal *h* und entsprechende Bohrungen im Schieber 6 in den Hilfsluftbehälter *G* (Abb. 10). Gleichzeitig steht der Bremszylinder *H* durch das Steuerventil mit der Außenluft in Verbindung. Das Auffüllen mit Druckluft wird so lange vorgenommen, bis eine Spannung von 5 at in der Hauptleitung und allen Hilfsluftbehältern erreicht ist.

β) Bremsprobe. Es wird der Bremshebel in die „Fahrtstellung II" (Abb. 11) gebracht und die Luftpumpe abgestellt. Bei genügend dichter Bremse darf der Zeiger des Druckmessers nur ganz unwesentlichen Druckabfall zeigen. Hierauf wird eine Betriebstrennung (siehe diese) ausgeführt, damit sich der Wagenwärter überzeugen kann, ob alle Bremsen im Zuge angezogen werden. Ist alles in Ordnung befunden worden, so wird die Bremse gelöst und der Bremshandgriff wieder in die „Fahrtstellung II" gebracht.

γ) Fahrt. Der Bremshandgriff bleibt in der „Fahrstellung II", in welcher die direkte Verbindung des Hauptluftbehälters mit der Hauptrohrleitung durch den Schieber 5 des Führerbremsventiles (Abb. 11) unterbrochen ist. Die Druckluft gelangt in dieser Stellung durch entsprechende Kanäle und Bohrungen aus dem Hauptbehälter in den Druckregler *W* am Führerbremsventil, aus welchem sie, auf 5 at abgespannt, in die Hauptrohrleitung strömt. Sämtliche Bremszylinder stehen mit der Außenluft in Verbindung.

δ) Betriebsbremsung. Zur Erzeugung einer mäßigen Bremsung wird der Bremshandgriff in die „Betriebsbremsstellung V" gebracht. Dabei strömt Druckluft aus dem Ausgleichsbehälter *U* (Abb. 9) in die Lokomotiv- und Tenderbremszylinder, die dadurch entstehende Druckabnahme bewirkt eine Verschiebung des Steuerkolbens 21 (Abb. 11) mit Schieber 28 nach rechts, was ein Ausströmen von Luft aus der Hauptleitung bewirkt. Die in der Hauptleitung entstehende Druckabnahme hat zur Folge, daß der Steuerkolben 5 (Abb. 12) des Steuerventils der Wagen das Abstufungsventil 7 von seinem Sitz abhebt und den Schleppschieber 6 so weit verschiebt, daß die Bohrungen und Kanäle *e*, *a*, *g* und *B* kommunizieren und somit Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Bremszylinder gelangt. Ist dabei der Druck im Hilfsluftbehälter etwas unter jenen der Hauptleitung gefallen, so wird der Steuerkolben 5 nach rechts zurück-

Digitized by Google

geschoben. Der Schleppschieber 6 wird dabei nicht mitgenommen, sondern nur das Abstufungsventil 7 geschlossen. Wird der Druck in der Hauptleitung weiter erniedrigt, so wiederholt sich das Spiel des Steuerkolbens 5 von neuem. Dadurch kann stufenweise der Bremsdruck im Bremszylinder bis zum Volldruck gesteigert werden. Auf der Lokomotive wird der Bremshandgriff nach jedem Luftauslaß für das Einleiten der Betriebsbremsung in die „Abschlußstellung IV“ gebracht, in welcher das weitere Ausströmen

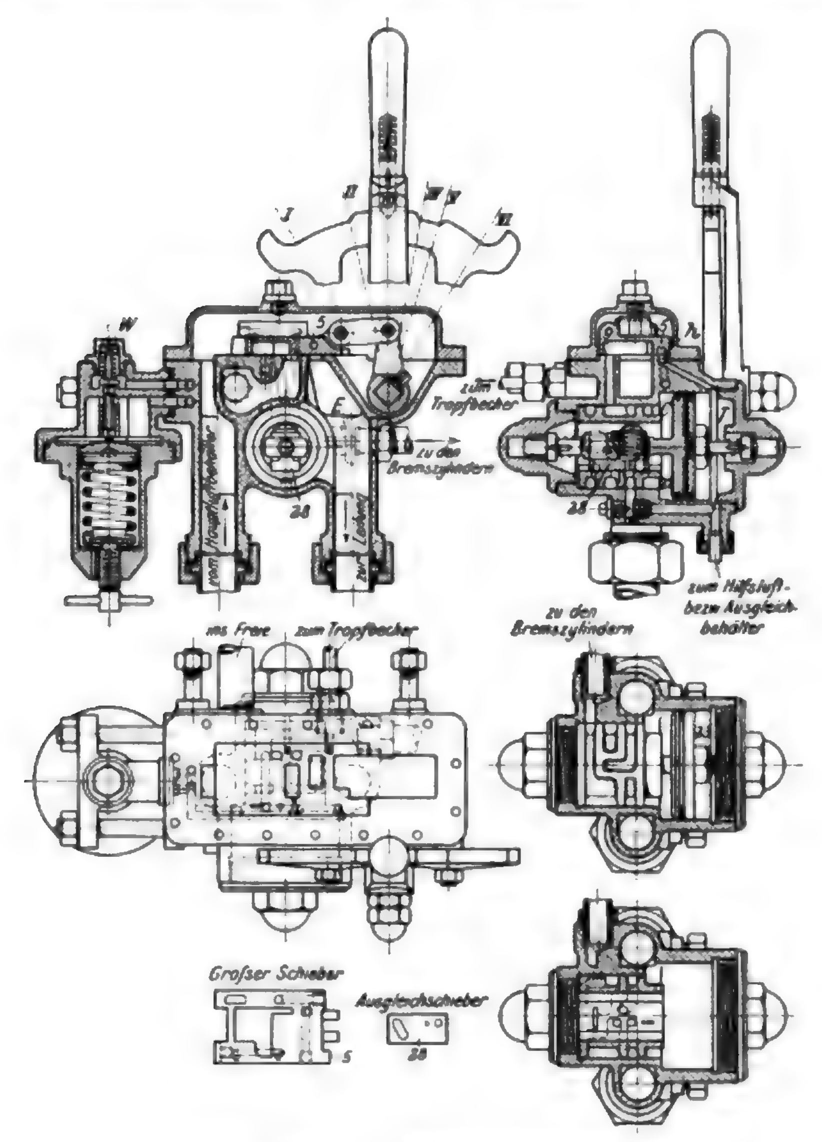


Abb. 11. Führerbremsventil.

von Druckluft nach den Lokomotiv- und Tenderbremszylindern, als auch durch die Ausgleichvorrichtung aus der Hauptleitung unterbrochen wird.

ε) Lösen der Bremse. Um zu entbremsen, wird der Bremshandgriff in die „Füllstellung I“ gebracht, wobei sich das beim Laden der Bremse beschriebene Spiel wiederholt. Dabei strömt die verbrauchte Druckluft aus dem Bremszylinder durch ein vom Steuerventil führendes Rohr nach der anderen Seite des Bremszylinders aus (Abb. 10), welches hierbei als Schalldämpfer wirkt und das Zischen der ausströmenden Luft mildert.

Digitized by Google

Während die Bremse sich ganz löst, wird die aus dem Hilfsluftbehälter verbrauchte Luft nachgefüllt. Bei der Westinghouse-Bremse erfolgt das Nachfüllen des Hilfsluftbehälters durch eine im Gehäuse des Steuerkolbens angebrachte kleine Nut, bei der Knorr-Bremse dagegen, wie bereits beschrieben, über das Ventil 19 (Abb. 12) und durch die verhältnismäßig großen Kanäle und Bohrungen. Dadurch ist das Nachfüllen der Hilfsluftbehälter bei der Knorr-Bremse in einer kürzeren Zeit möglich als bei der Westinghouse-Bremse.

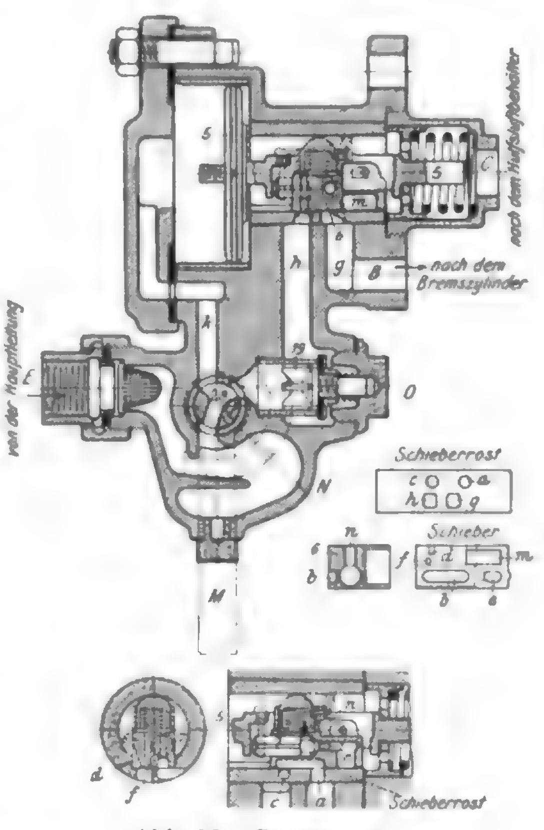


Abb. 12. Steuerventil.

Auch wird beim Lösen der Bremse im vorderen Zugteil der Steuerkolben 5 (Abb. 12) infolge des hier rascher ansteigenden Druckes weiter nach rechts verschoben als im hinteren Zugteil, wobei die Ausströmöffnung *c* und der Füllkanal *d* gedrosselt werden, so daß vorne das Entbremsen etwas verzögert und das Überladen der Hilfsluftbehälter vermieden wird. — Die Bremszylinderkolben werden von einer Feder (siehe Abb. 10) in ihre Anfangsstellung zurückgedrückt. Im Bremszylinderkörper ist eine Nut *n* ausgeführt, die dazu dient, um der durch kleine Undichtheiten des Steuerventils in den Bremszylinder einströmenden Druckluft einen Ausweg ins Freie zu geben. Damit beim Bremsen der Kolben diese Nut sicher überschleift, darf der kleinste Bremsklotzabstand nicht weniger als 10 mm betragen.

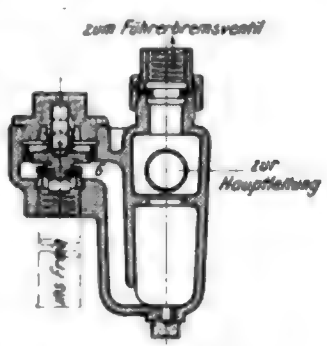


Abb. 13. Tropfbecher.

c) Schnellbremsung. Zum sehr raschen Anhalten des Zuges wird der Bremshandgriff in die äußerste Stellung VI, die „Schnellbremsstellung“, gebracht. Der Hauptschieber 5 (Abb. 11) verbindet dabei die Hauptleitung *E* direkt mit der freien Luft, wodurch eine plötzliche Druckverminderung in der Hauptleitung bewirkt wird. Dieselbe wird noch dadurch vermehrt, daß der Tropfbecher (Abb. 13) ebenfalls Druckluft ins Freie entströmen läßt. Dies geschieht in der Weise, daß vorerst der mit der Muschel des Schiebers 5 des Führerbremsventils verbundene Raum oberhalb des Kolbenventils 6 von Druckluft entleert wird, das Kolbenventil 6 durch den entstehenden Überdruck nach oben gehoben, und somit der Druckluft der Hauptrohrleitung ein zweiter Weg ins Freie geöffnet wird. Gleichzeitig

Digitized by Google

tritt die Druckluft aus dem Ausgleichbehälter *U* (Abb. 9) und dem Hauptluftbehälter *C* in die Lokomotiv- und Tenderbremszylinder, hierbei deren Bremse mit voller Kraft anziehend. Die plötzliche Druckabnahme in der Hauptrohrleitung *E* hat zur Folge, daß die Steuerkolben 5 der Steuerventile der Wagen (Abb. 12) sich bis in ihre Endstellung nach links rasch verschieben und durch den Schleppschieber 6 Verbindungen der Hauptleitung über das Rückschlagventil 19, Kanal *h*, Höhlung *m*, Kanal *g* zum Bremszylinder, ferner des Hilfsluftbehälters durch die vom Schleppschieber stark gedrosselte Bohrung *a* und den Kanal *g* ebenfalls nach dem Bremszylinder herstellen. Da die ersteren Wege viel größer dimensioniert sind als die zweiten, so überwiegt anfangs der Druck in der Hauptleitung, welcher, das Ventil 19 aufschlagend, den Bremszylinder raschest mit Druckluft aus der Hauptleitung anfüllt und durch den langsamer folgenden Druck aus dem Hilfsluftbehälter nachfolgend verstärkt wird. Das rasche Überströmen der Leitungsluft in die Bremszylinder erzeugt eine sich rasch nach hinten fortpflanzende Druckabnahme in der Hauptrohrleitung.

η) Notbremsung vom Zuge aus. Wird im Zuge, im Falle einer Gefahr, das Notbremsventil *C* (Abb. 10) durch Ziehen an dem Griff eines in den Wagenabteilen oder dem Seitengange angebrachten Zugkastens *b* geöffnet, so entweicht Druckluft aus der Hauptleitung und bewirkt eine Bremsung des Zuges. Merkt dies der Lokomotivführer, so hat er den Bremshandgriff sofort in die Abschlußstellung IV oder die Schnellbremsstellung VI zu bringen, um ein Ausströmen der Druckluft aus dem Hauptluftbehälter zu verhüten.

ϑ) Vorspann. Wenn ein Zug mit zwei Lokomotiven geführt wird, so wird die Bedienung der Bremse von der ersten Lokomotive übernommen und auf der zweiten Lokomotive der Handgriff des Führerbremsventils in die „Mittelstellung III“ gebracht. In dieser Stellung ist der Hauptluftbehälter der zweiten Lokomotive, in welchem jedoch der Druck während der Fahrt auf 8 at zu halten ist, von der Hauptleitung abgeschlossen. Die Ausgleichvorrichtung (Steuerkolben 21 und Schieber 28 [Abb. 11]) der zweiten Lokomotive wird in diesem Falle mit Druckluft aus der Hauptleitung gespeist und wirkt beim Bremsen für die Lokomotiv- und Tenderbremszylinder der zweiten Lokomotive wie ein Steuerventil. Die Luftpumpen werden auf beiden Lokomotiven im Gange erhalten.

Wenn auch die Knorr-Schnellbremse in der beschriebenen Form eine Verbesserung und eine teilweise Vereinfachung der Westinghouse-Schnellbremse darstellt, so konnten ihre Vorteile bisher doch nicht voll ausgenützt werden, da sich im Betriebe ergab, daß das notwendige anstandslose Zusammenarbeiten dieser Bremse mit der Westinghouse-Schnellbremse nicht zu erzielen war. So mußte z. B. mit Rücksicht auf die letztere der Vorteil des rascheren Auffüllens der Hilfsluftbehälter aufgegeben werden, indem die direkte Verbindung der Hauptleitung mit dem Hilfsluftbehälter über das Rückschlagventil 19 (Abb. 12) und den Kanal *h* beseitigt und im Gehäuse des Steuerkolbens eine Füllnut wie bei der Westinghouse-Bremse ausgeführt wurde. Infolge dieser Änderung arbeitet das Knorr-Steuerventil genau gleich mit jenem der Westinghouse-Bremse. Gleichzeitig macht sich jedoch das Bestreben bemerkbar, durch Beseitigung der Füllnut des Steuerventils der Westinghouse-Bremse dieses in der Wirkung dem Knorr-Steuerventil ähnlicher zu gestalten.

c) Andere Luftdruckbremsen.

Abarten der Westinghouse-Bremse sind weiter die New York Air Brake, welche fast ausschließlich nur in Amerika Verbreitung fand, und die Einkammer-Schleifer-Bremse, die in Deutschland bei den pfälzischen Bahnen, der Kgl. Preußischen Eisenbahn-Direktion Altona und in Rußland noch teilweise in Verwendung steht. Diese letztere Bremse weist einige Verbesserungen der Westinghouse-Bremse auf. Das Hauptmerkmal in ihrer Wirkungsweise ist, daß bei ihr durch entsprechende Konstruktion der Steuerventile die rückwärtigen Wagen eines Zuges früher voll gebremst werden als die vorderen, da im rückwärtigen Zugteil die aus den Hilfsluftbehältern in die Bremszylinder überströmende Druckluft im Steuerventil vollen, im vorderen Zugsteil dagegen gedrosselten Durchgangsquerschnitt findet. Dadurch soll das Auflaufen der Wagen verhütet und der Zug mit gestreckter Kuppelung zum Stillstand gebracht werden. Die mit Schleifer-Bremse ausgerüsteten Wagen können in Züge mit Westinghouse-Bremse eingestellt werden, da beide Bremsen miteinander anstandslos arbeiten.

Den Einkammer-Luftdruckbremsen haftet der wesentliche Nachteil an, daß dieselben ein Ermäßigen eines ausgeübten Bremsdruckes nicht zulassen. Denn soll ein mäßigerer Bremsdruck ausgeübt werden, so muß die Bremse vorerst ganz gelöst werden, worauf erst die mäßige Bremsung ausgeführt werden kann. Diese Eigenschaft macht die Einkammer-Luftdruckbremsen für das Befahren langer und steiler Gefälle wenig geeignet, da dieselbe das Einhalten möglichst gleichförmiger Geschwindigkeiten ausschließt und die Gefahr des Durchgehens der Züge in sich birgt.

Diese Behauptung scheint durch die Tatsache erwiesen zu sein, daß die Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn, die Gotthardbahn, die Schweizer Bundesbahnen, die Italienischen Staatsbahnen und vor nicht langer Zeit auch die Badischen Staatsbahnen auf den in ihrem Netze liegenden Gebirgsstrecken mit Gefällen von 25‰ neben der Westinghouse-Schnellbremse die nichtselbsttätige Henry-Bremse (siehe S. 608) eingeführt haben, um mit dieser ein sicheres Befahren der steilen Gefälle zu ermöglichen.

Bei den Zweikammer-Luftdruckbremsen (Schleifer, Carpenter, Wenger) ist eine beliebige Änderung der Bremskraft wohl möglich, sie sind jedoch bei den bisherigen Ausführungen zu wenig rasch wirkend und kranken an der zu geringen Dichtheit der Druckkammern, insbesondere bei den bei Betriebs- und Regulierbremsungen vorkommenden nur mäßigen Druckunterschieden auf beiden Kolbenseiten. Eine gute Dichtheit der Druckkammer, die das längere Andauern einer gleichbleibenden Bremskraft sichert, ist für das Befahren langer Gefälle unbedingt notwendig, da während der Fahrt am Gefälle im gebremsten Zustande ein Ersetzen des durch die Undichtheiten der Druckkammer verloren gegangenen Druckes nicht möglich ist.

Es wäre noch die in Frankreich und Rußland versuchte Lipkowski-Bremse zu erwähnen, welche gleichfalls eine Zweikammerbremse ist. Ihre Konstruktion bezweckt hauptsächlich die Erzielung einer größeren Ökonomie an Druckluft.

Einrichtungen, welche es bei Einkammer-Bremsen ermöglichen sollen, die Bremskraft nicht nur stufenweise zu steigern, sondern auch stufenweise zu ermäßigen, sind wohl konstruiert worden, ohne jedoch bisher Eingang in die Praxis gefunden zu haben.

Digitized by Google

Für lange Güterzüge scheinen die Einkammer-Luftdruckbremsen in ihrer bisherigen Konstruktion keine vollkommene Eignung zu besitzen, da die in dieser Richtung mit der Westinghouse- und der

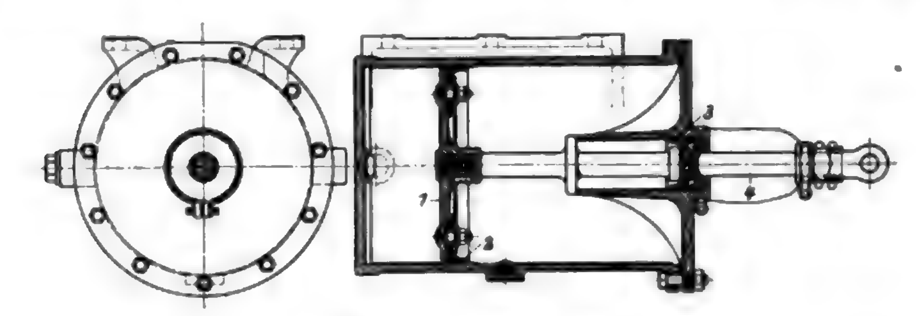


Abb. 14. Bremszylinder.

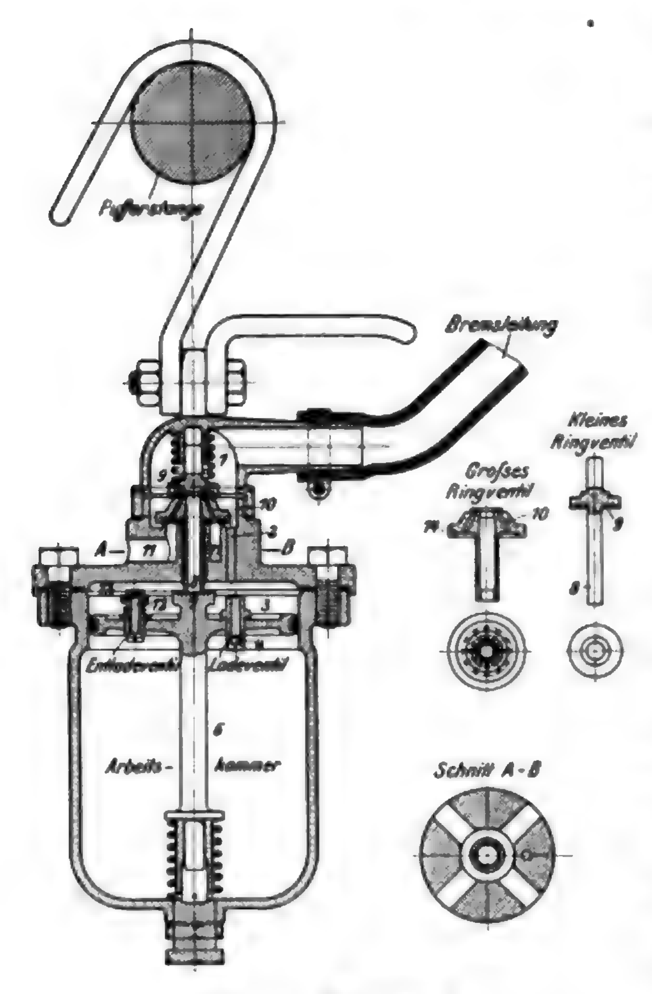


Abb. 15. Schlußventil.

Knorr-Bremse ausgeführten Versuche noch nicht in jeder Beziehung einwandfreie Resultate ergeben haben. Dagegen haben die Pfälzischen Eisenbahnen mit der Zweikammer-Carpenter-Bremse unter Verwendung eines am Zugende angehängten Schlußventiles bei Versuchen mit einem aus 60 Wagen bestehenden Zuge günstige Erfolge erzielt.[1]) Diese Bremse zeichnet sich durch eine besondere Einfachheit aus, da bei ihr Schnellbremsventile nicht zur Anwendung kommen.

Die Konstruktion des Bremszylinders ist aus Abbild. 14 zu ersehen. Der Raum links vom Kolben 1 steht ständig mit der durchgehenden Hauptrohrleitung in Verbindung, der Raum rechts ist die Druckkammer, in welcher die Druckluft für das Bremsen aufgespeichert wird. Dieselbe tritt beim Laden durch die sich abhebende Manschette 2 des Kolbens in die Druckkammer. Die Kolbenstange 4 dichtet diesen Raum durch eine kleine Manschette 3 nach außen ab.

[1]) Im Mai 1908 wurden Versuche mit einem aus 75 Wagen bestehenden Zuge ausgeführt, bei welchem jedoch ein anders konstruiertes Schlußventil zur Anwendung kam.

Digitized by Google

Die Arbeitsweise des Bremszylinders ist folgende: Wird durch den Bremshahn auf der Lokomotive der Druck der Luft in der Hauptrohrleitung und somit auch in der Vorderkammer des Bremszylinders ermäßigt, so schiebt der Überdruck in der Druckkammer den Kolben nach links, wodurch die Bremsklötze mit einer der Druckdifferenz zwischen Vorder- und Druckkammer entsprechenden Kraft angezogen werden. Wird der Leitungsdruck durch Einlassen von Druckluft wieder erhöht, so vermindert sich der auf den Bremskolben wirkende Druck solange bis der Kolben, infolge des in der Vorderkammer nun entstehenden Überdruckes, wieder in seine Endstellung geschoben und die Bremse gelöst wird.

Gleichzeitig wird hierbei der etwa infolge von Undichtheiten verminerte Druck in der Druckkammer wieder auf seine ursprüngliche Höher gebracht.

Zur Verhütung des Auflaufens der Wagen beim Bremsen ist am letzten Wagen ein Schlußventil (Abb. 15) angebracht, welches mit der durchgehenden Hauptrohrleitung verbunden wird.

Das Schlußventil wirkt folgendermaßen:

Beim Laden strömt die Druckluft in den Ventilkopf 1 durch die Bohrung 2 in den Raum 3 und ferner durch die engen Bohrungen des Ladeventiles 4 in die Arbeitskammer unter den Steuerkolben 6.

Wird eine Betriebsbremsung ausgeführt, so verringert sich der Druck auch in dem Raum 3, der Steuerkolben 6 wird angehoben, stößt mit dem Ansatz 7 gegen die Ventilstange 8 und öffnet das kleine Ringventil 9. Dadurch strömt die Leitungsluft langsam durch die Bohrungen 10 des großen Ringventils 14 und den Kanal 11 ins Freie, und bewirkt ein kräftigeres Anziehen der Bremse der rückwärtigen Wagen. Gleichzeitig hat sich das Entladeventil 12 durch Anstoßen an den Deckel 13 geöffnet und eine Druckabnahme in der Arbeitskammer des Schlußventils bewirkt. Sobald unter dem Steuerkolben gleicher Druck wie in der Hauptrohrleitung eingetreten ist, wird durch Federkraft das kleine Ringventil 9 geschlossen.

Wird auf der Lokomotive durch den Bremshahn rasch Luft zum Ausströmen gebracht, so wird dadurch eine Schnellbremsung eingeleitet. Der Steuerkolben geht rasch in die Höhe, stößt das kleine und große Ringventil auf und erzeugt ein rasches Entweichen der Leitungsluft durch den Kanal 11. Dadurch werden die Bremsen der rückwärtigen Wagen rasch und kräftig angezogen.

3. Luftsaugebremsen.

a) Die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse, Bauart Hardy-Clayton.

Die Luftsaugebremse in ihrer nichtselbsttätigen Form nach Bauart Hardy, schlechtweg die Hardy-Bremse genannt, erfreute sich lange Zeit wegen ihrer Einfachheit und Verläßlichkeit bei einer großen Zahl von Eisenbahnverwaltungen einer großen Beliebtheit. — Als an die durchgehenden Bremsen die Forderung der Selbsttätigkeit gestellt wurde, mußte sie, da sie als selbsttätige Bremse noch nicht genügend durchgebildet war und von ihren Anhängern die Notwendigkeit der Selbsttätigkeit damals nicht zugegeben wurde, der selbsttätigen Einkammer-Westinghouse-

Digitized by Google

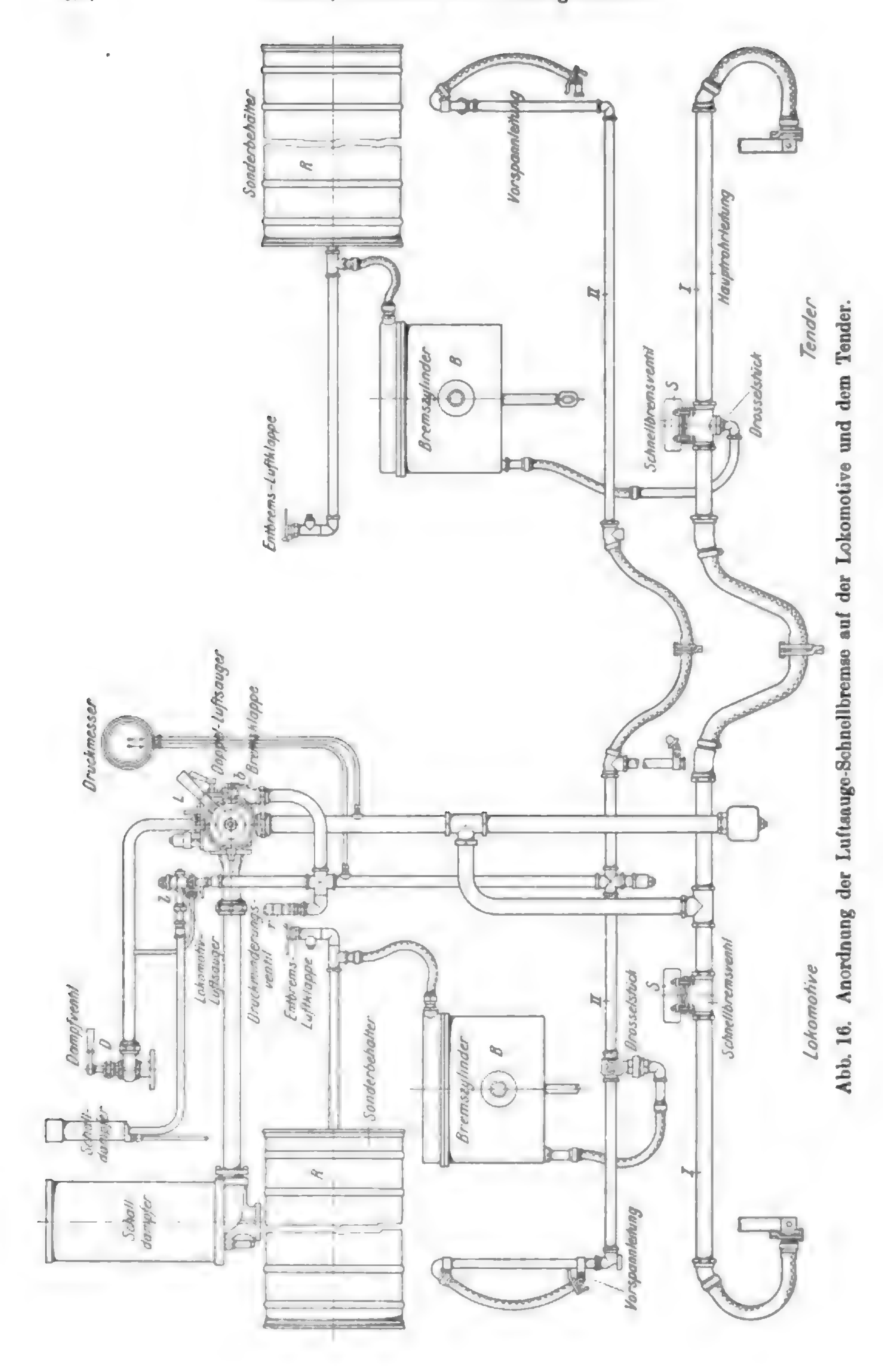


Abb. 16. Anordnung der Luftsauge-Schnellbremse auf der Lokomotive und dem Tender.

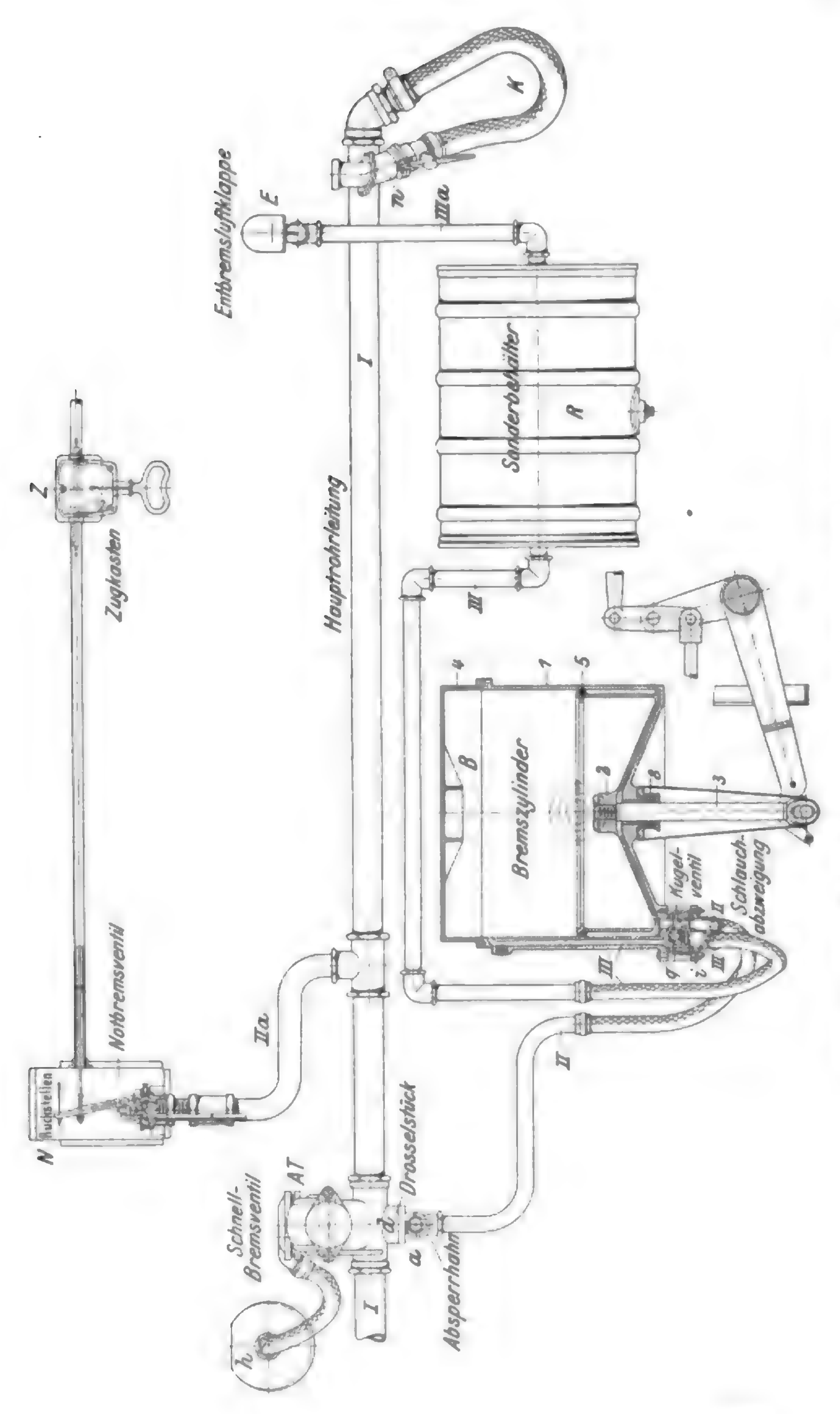


Abb. 17. Anordnung der Luftsauge-Schnellbremse auf einem Personenwagen.

Bremse die Vorherrschaft in Mitteleuropa überlassen. Als die Luftsaugebremse als selbsttätige Bremse durch Clayton in England verbessert und bei englischen Bahnen mit Erfolg eingeführt wurde, war auf dem Kontinente von der Mehrzahl der Bahnen die Entscheidung zugunsten der Westinghouse-Schnellbremse bereits gefallen, die der selbsttätigen Luftsaugebremse gegenüber wieder die Schnellwirkung voraus hatte.

Nur in Österreich, dem Lande der Gebirgsbahnen, konnte die Westinghouse-Bremse der nichtselbsttätigen Luftsaugebremse nichts anhaben, da hier erkannt wurde, daß Einkammerdruckluftbremsen sich für österreichische Betriebsverhältnisse nicht eignen und die Westinghouse-Henry-Bremse (siehe S. 608) sich wegen ihrer Vielteiligkeit und nicht einfachen Handhabung zur Einführung nicht empfahl. Als es den Bemühungen der Firma Gebrüder Hardy in Wien gelungen war, die selbsttätige Luftsaugebremse durch Hinzufügung von Schnellbremsventilen, welche die

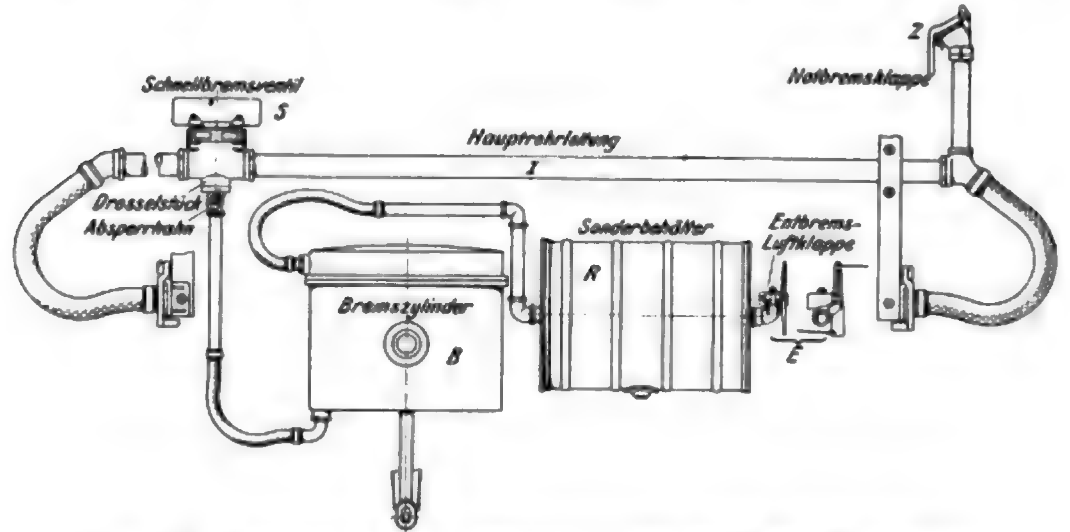


Abb. 18. Anordnung der Luftsauge-Schnellbremse auf einem Güterwagen.

Regulierfähigkeit der Bremse nicht beeinträchtigen, noch weiter zu verbessern und zu vervollkommnen und dadurch diese Bremse der Westinghouse-Schnellbremse nicht nur ebenbürtig, sondern wegen ihrer besonderen Eignung für Gebirgsbahnen sogar überlegen zu machen, nahmen die die österreichischen Bahnen, nachdem vorher von den Österreichischen Staatsbahnen im Jahre 1901 auf der Arlberg-Strecke eingehende und einwandfreie Vergleichsfahrten mit der selbsttätigen Luftsauge-, Westinghouse- und Schleifer-Schnellbremse durchgeführt worden waren, die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse als Normalbremse für Schnell- und Personenzüge an. Nach dem Muster der österreichischen Bahnen beginnen auch die anderen Bahnen, welche die selbsttätige Luftsaugebremse in Verwendung haben, dieselbe für die Schnellwirkung einzurichten.

Ein weiterer gewaltiger, in Österreich gemachter Fortschritt ist die Anpassung der selbsttätigen Luftsaugeschnellbremse für lange Güterzüge.

Auf die Beschreibung der selbsttätigen Lufsaugeschnellbremse übergehend, sei noch vorausgeschickt, daß bei den meisten österreichischen Eisenbahnen, im Gegensatz zu fast sämtlichen anderen Bahnen, es üblich

Digitized by Google

ist, die Lokomotivbremse nicht gleichzeitig, sondern später als jene des Zuges wirken zu lassen. Dadurch wird erreicht, daß bei langen Gefällfahrten die Radreifen der Lokomotive geschont werden und für Gefahrfälle immer noch eine Reserve-Bremse vorhanden ist.

Die Einrichtung auf der Lokomotive und dem Tender zeigt Abb. 16. Dieselbe ist sowohl für die Personenzugbremse wie für die Güterzugbremse die gleiche. Der einzige Unterschied besteht darin, daß bei der Personenzugbremse die Luftverdünnung für die Lokomotiv-, die Tender- und die Wagenbremse 52 cm, dagegen bei der Güterzugbremse für die

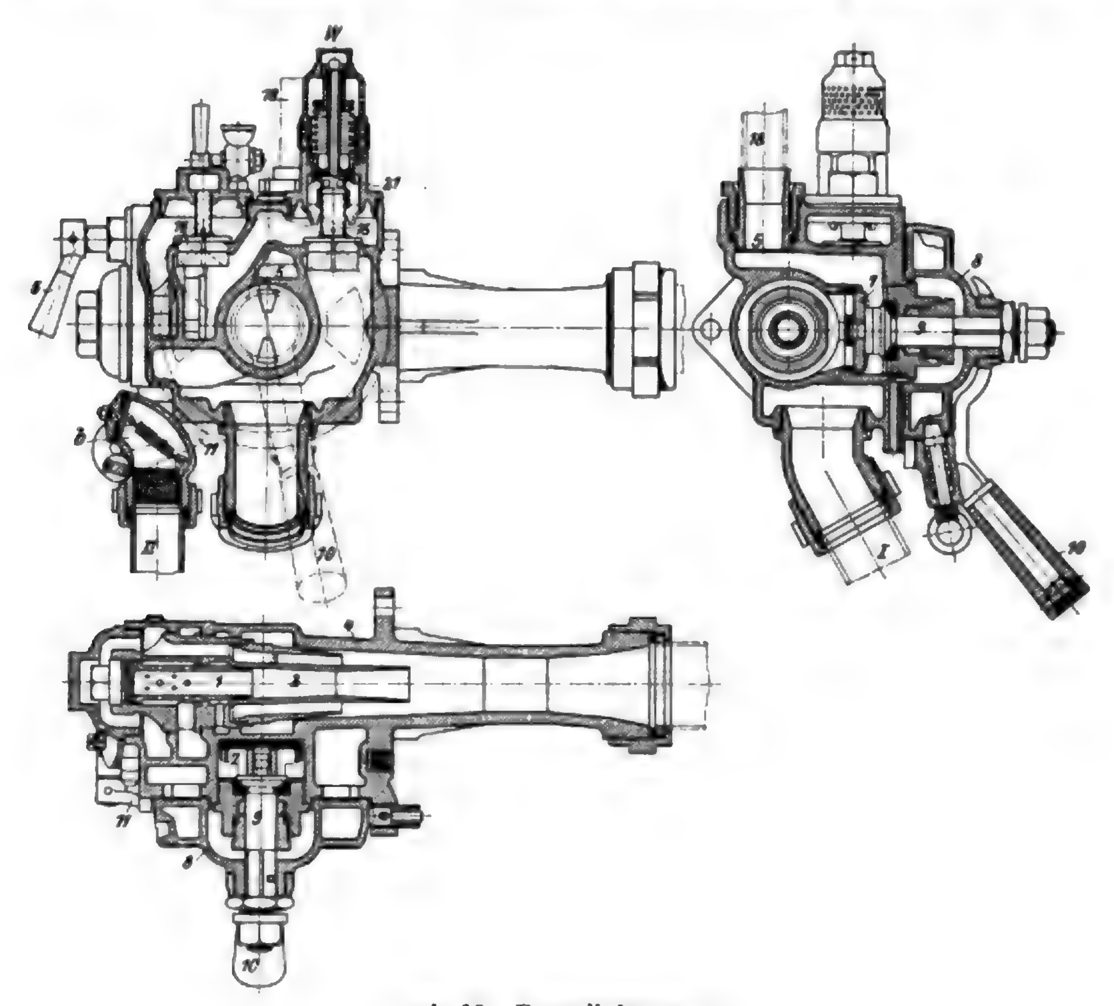


Abb. 19. Doppelluftsauger.

Lokomotivbremse 52 cm, für die Tender- und die Wagenbremse dagegen nur 35 cm beträgt. Für den Übergang von der nichtselbsttätigen auf die selbsttätige Luftsaugebremse ist der Tender nicht an die Wagenbremsleitung I (Abb. 16), sondern an die Vorspannleitung II, somit an die Lokomotivbremse angeschlossen. Der Doppelluftsauger L ist ferner für diese Zeit so eingerichtet, daß er durch Verdrehen des Bremsschiebers um einen gewissen Winkel und Umstecken des Bremshandgriffes auch für die nichtselbsttätige Bremse verwendbar ist. Die Vorspannleitung II hat den Zweck, bei Verwendung einer Vorspannlokomotive die gegenseitige Bremsung beider Lokomotiven zu ermöglichen.

Abb. 17 zeigt die Ausrüstung eines Personenwagens, Abb. 18 jene eines Güterwagens mit der selbsttätigen Luftsaugeschnellbremse. Der Unterschied besteht nur in der verschiedenen Konstruktion der Schnellbremsventile *S* und der Notbremseinrichtung *N* und *Z*. — Die Kuppelung der durchgehenden Hauptrohrleitung I geschieht entweder durch die bekannten Halbzylindermuffen (Abb. 17) oder besser und einfacher durch die sogenannten Klauenmuffen (Abb. 18).

Zum Verständnis der Gesamtwirkungsweise dieser Bremse soll eine kurze Beschreibung ihrer Hauptbestandteile vorausgeschickt werden.

Zur Erzeugung der Bremskraft und Bedienung der Bremse dient der Doppelluftsauger *L* (Abb. 19). Derselbe besteht aus dem Gehäuse 4, welches mit den Düsen 3, 2 und 1 zwei Luftsauger, den großen und den Hilfsluftsauger, bildet. Der Kanal 5 des Gehäuses steht durch das Rohr 18 mit dem an passender Stelle am Kessel sitzenden Dampfventil *D* (Abb. 16) in Verbindung. Der Dampfzutritt zum großen Lufsauger wird durch den Schmetterlingschieber 7, zum Hilfsluftsauger durch ein eigenes kleines Ventil mit Griff 6 geregelt. Die Verbindung der Düsenräume mit dem Saugraum und der an denselben angeschlossenen Hauptrohrleitung I erfolgt über zwei Rückschlagventile 16 und 15. Über dem zweiten Rückschlagventil 15 sitzt ein Reduktionsventil *W*, welches die Erzeugung einer Luftverdünnung von mehr als 52, bzw. 35 cm Quecksilbersäule verhindert. Der Saugraum kann durch den Luftschieber (Bremsschieber) 8, welcher an entsprechenden Stellen siebartig durchlöchert ist, mit der Außenluft in Verbindung gebracht werden. Der Luftschieber 8 ist mit dem Schmetterlingschieber 7 auf der gemeinsamen Spindel 9 befestigt.

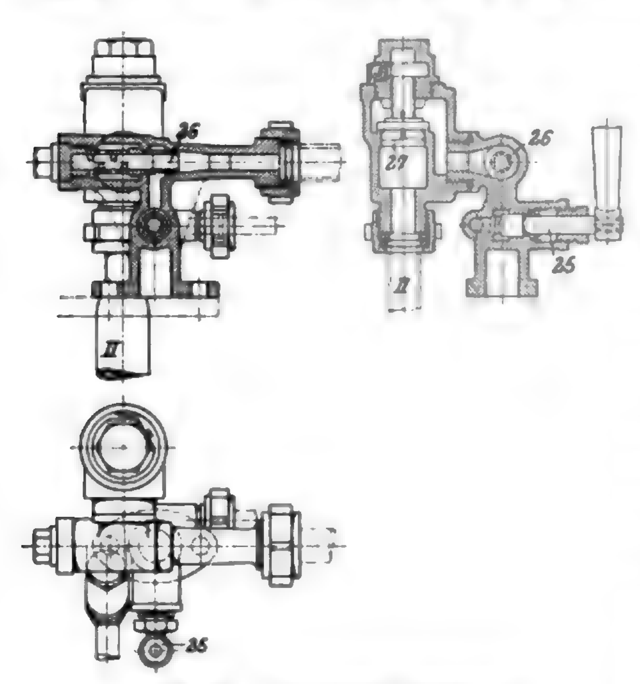


Abb. 20. Lokomotiv-Luftsauger.

Beide Schieber werden gleichzeitig mit dem Handgriff 10 bewegt. Am Gehäuse des Doppelluftsaugers ist die Bremsklappe *b* befestigt, welche durch das Rohr II mit dem Lokomotivluftsauger *l* (Abb. 16) und der zu den Bremszylindern der Lokomotive führenden Rohrleitung in Verbindung steht.

Der Lokomotivluftsauger *l* (Abb. 20) besteht aus dem Gehäuse, der Düse 26, dem Rückschlagventil 27 und dem Dampfventil 25.

Die Bremsklappe *b* (Abb. 16 und 19) wird beim Anschlagen des Bremshandgriffes 10 an den Daumen 11 geöffnet. Zur Verhütung der Erzeugung einer höheren Luftverdünnung als 52 cm in der Lokomotivbremse dient das auf der Rohrleitung II sitzende Reduktionsventil *r* (Abb. 16).

Digitized by Google

Der Bremshandgriff 10 hat vier Hauptstellungen, und zwar:
„Bremse los“, „Fahrt“, „Wagenzug gebremst“ und „Alles gebremst“.

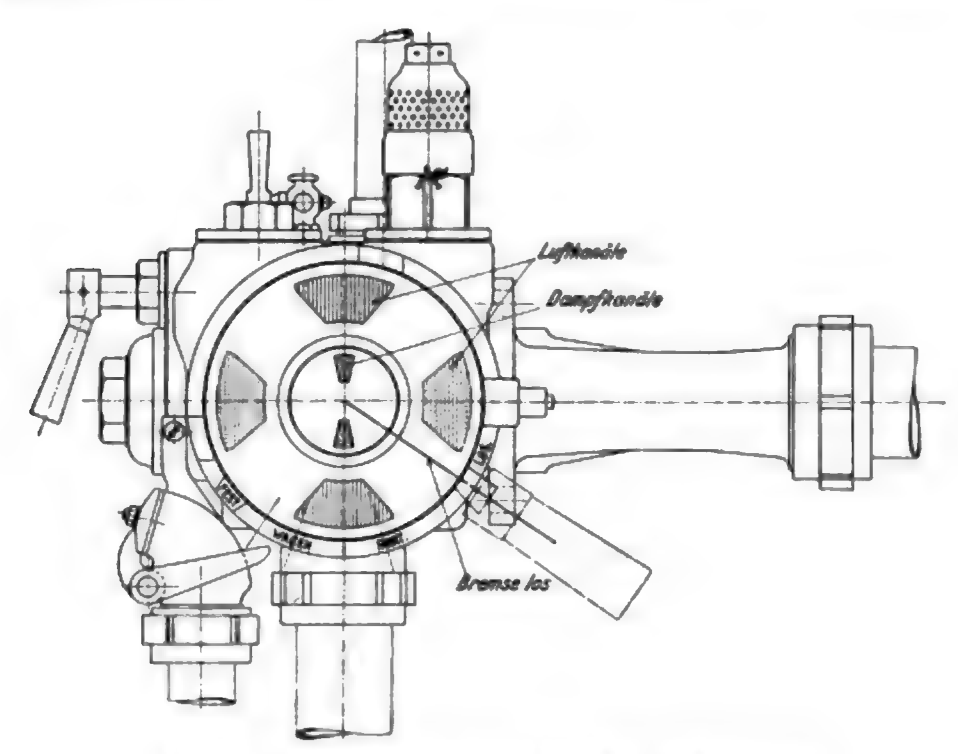


Abb. 21. Bremshandgriff in der Stellung: „Bremse los“.

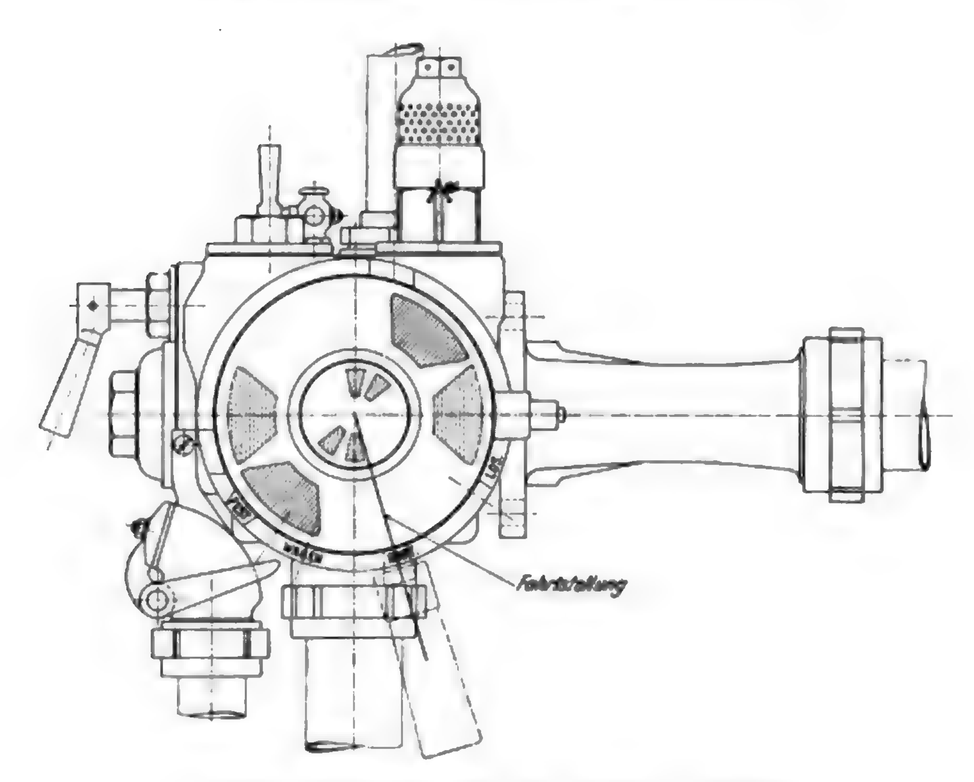


Abb. 22. Bremshandgriff in der Stellung: „Fahrt“.

In der Stellung „Bremse los“ (Abb. 21) läßt der Schmetterlingschieber 7 (Abb. 19) Dampf zum großen Luftsauger zuströmen. Der

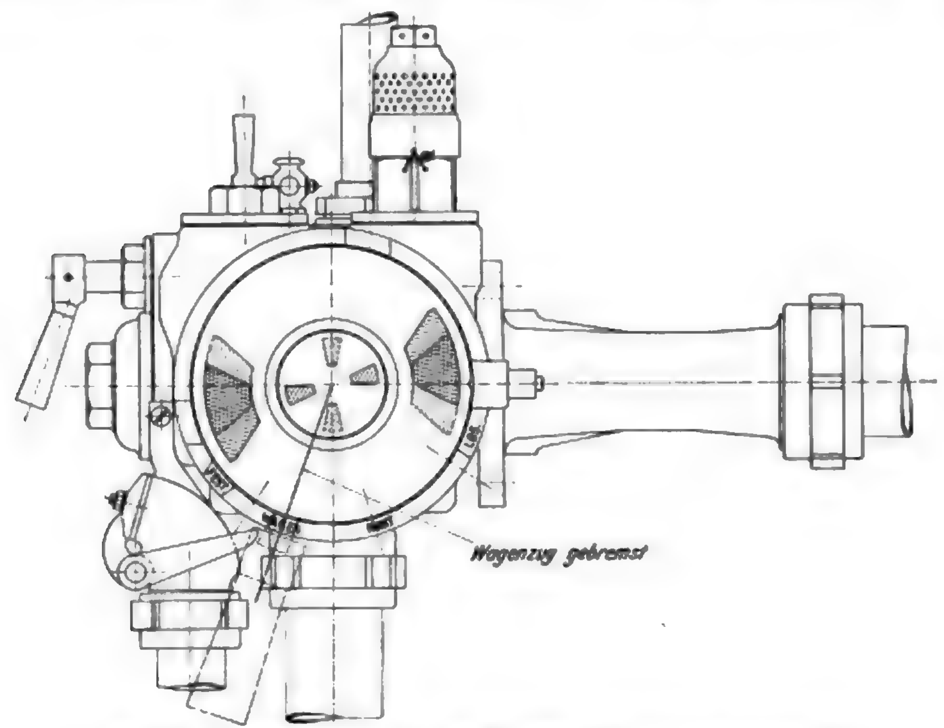


Abb. 23. Bremshandgriff in der Stellung: „Wagenzug gebremst“.

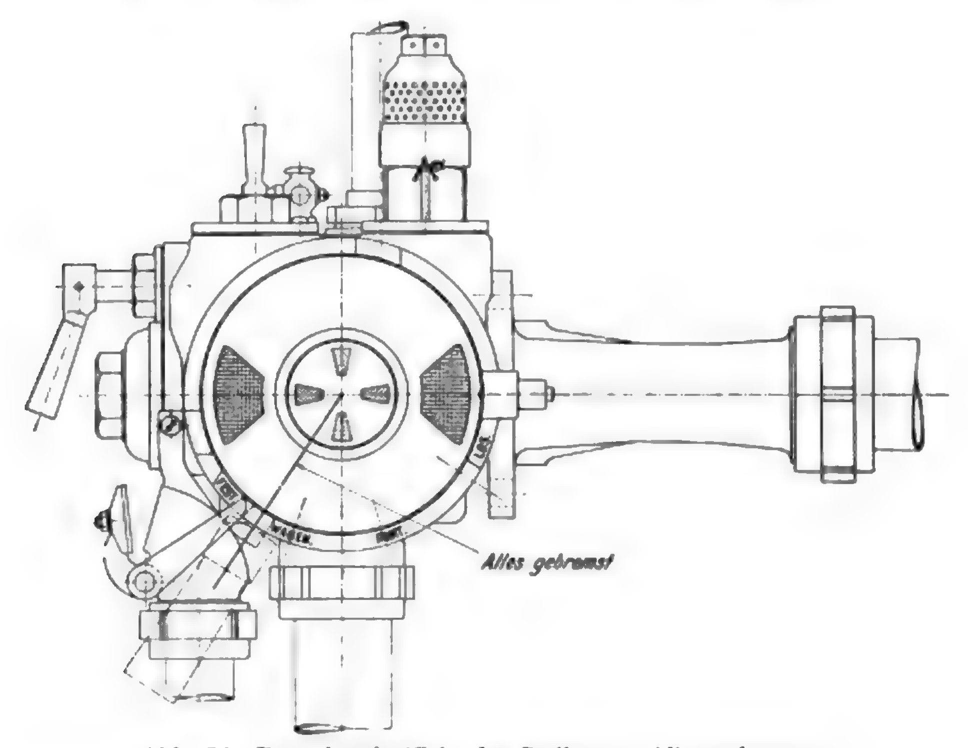


Abb. 24. Bremshandgriff in der Stellung: „Alles gebremst“.

Luftschieber 8 hält den Saugraum von der Außenluft abgesperrt. Diese Stellung wird benützt, um die Bremse eines Zuges in Bereitschaft zu

Digitized by Google

setzen, oder nach einer Bremsung die Bremse rasch zu lösen. In der „Fahrt“-Stellung (Abb. 22) sperrt der Schmetterlingschieber 7 den Dampfzutritt zu dem großen Luftsauger, der Luftschieber 8 den Luftzutritt in den Saugraum ab. Die erzeugte Luftverdünnung wird in dieser Stellung des Bremshandgriffes durch den Hilfsluftsauger, nach entsprechendem Einstellen des kleinen Dampfventiles 6, aufrecht erhalten. Die „Fahrt“-Stellung wird eingenommen, solange sich die Bremse in Bereitschaft befindet.

In der Stellung „Wagenzug gebremst“ (Abb. 23) hält der Schmetterlingschieber 7 den Dampfzutritt zum großen Luftsauger abgesperrt, der Luftschieber 8 dagegen verbindet den Saugraum mit der Außenluft, wodurch das Zerstören der Luftverdünnung im Saugraum und in der daran anschließenden Hauptrohrleitung I erfolgt. Gleichzeitig findet ein teilweises Absaugen der einströmenden Luft durch den Hilfsluftsauger statt. Dies hat zur Folge, daß in den Zwischenstellungen zwischen „Fahrt“ und „Wagenzug gebremst“, in welchen Stellungen ein mehr oder weniger gedrosseltes Zuströmen der Luft stattfindet, ein allmähliches Zerstören der Luftverdünnung erzielt wird, und zwar so, daß einer bestimmten Stellung des Bremshandgriffes ein ganz bestimmter Grad der Zerstörung der ursprünglichen Luftverdünnung entspricht. Diese Eigenschaft des Luftsaugers ermöglicht es, den Bremsdruck in beliebiger Weise und Aufeinanderfolge zu erhöhen oder zu ermäßigen. Die Stellungen zwischen „Fahrt“ und „Wagenzug gebremst“ werden zur Regelung der Geschwindigkeit auf Gefällstrecken oder zum Anhalten in Stationen oder vor Signalen benützt.

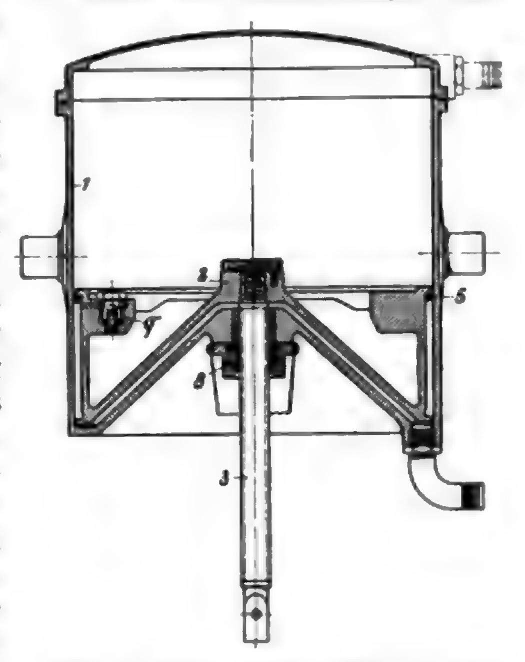


Abb. 25. Bremszylinder Bauart „K“.

In der Stellung „Alles gebremst“ (Abb. 24) wird in der Hauptrohrleitung die Luftverdünnung vollständig zerstört und gleichzeitig durch Öffnen der Bremsluftklappe *b* die Lokomotivbremse in Tätigkeit gesetzt.

Wird der Bremshandgriff aus der „Fahrt“-Stellung rasch auf „Alles gebremst“ gebracht, so findet ein plötzliches und heftiges Einströmen der Luft in die Hauptrohrleitung statt, was das Auslösen der Schnellbremsventile bewirkt. Die Schnellbremsung wird vorgenommen, wenn ein rasches Anhalten notwendig ist.

Das Laden der Lokomotivbremse und das Aufrechterhalten der hierbei erzeugten Luftverdünnung besorgt der Lokomotivluftsauger *l*. (Abb. 16.)

Der Bremszylinder älterer Bauart (Bauart „W“) ist auf Abb. 17 ersichtlich, jener der neuesten Bauart (Bauart „K“) auf Abb. 25. Dieser besteht aus einem auf zwei Zapfen beweglich aufgehängten zylindrischen Körper 1, in welchem sich ein Kolben 2, mit Kolbenstange 3 befindet. Die Kolbenstange wird durch die Stopfbüchse 8 nach außen abgedichtet. Der Deckel 4

schließt den Zylinder nach oben luftdicht ab. Die Abdichtung des Kolbens gegen die Zylinderwandungen wird durch einen Ring 5, welcher sich bei der Bewegung des Kolbens abrollt (Rollring), bewirkt. An einer Flansche des Zylinderkörpers der älteren Bauart „W“ (Abb. 17) ist unten das Kugelventil *q* mit der Schlauchabzweigung *i* angebracht. Das Kugelventilgehäuse besorgt die Verbindung des Raumes unter dem Kolben mit jenem ober dem Kolben. In dem Verbindungskanal dieser Räume ist eine Kugel eingebaut, welche den Oberteil gegen den Unterteil des Bremszylinders luftdicht abschließt. An die Schlauchabzweigung *i* angeschlossene Schläuche verbinden den Bremszylinder mit der Hauptrohrleitung und einem zylindrischen Behälter *R* (Sonderbehälter), welcher zur Vergrößerung des Raumes oberhalb des Kolbens dient, um einen zu großen Druckabfall bei ganz angehobenem Kolben zu verhüten.

Der Bremszylinder neuester Bauart „K“ (Abb. 25) unterscheidet sich

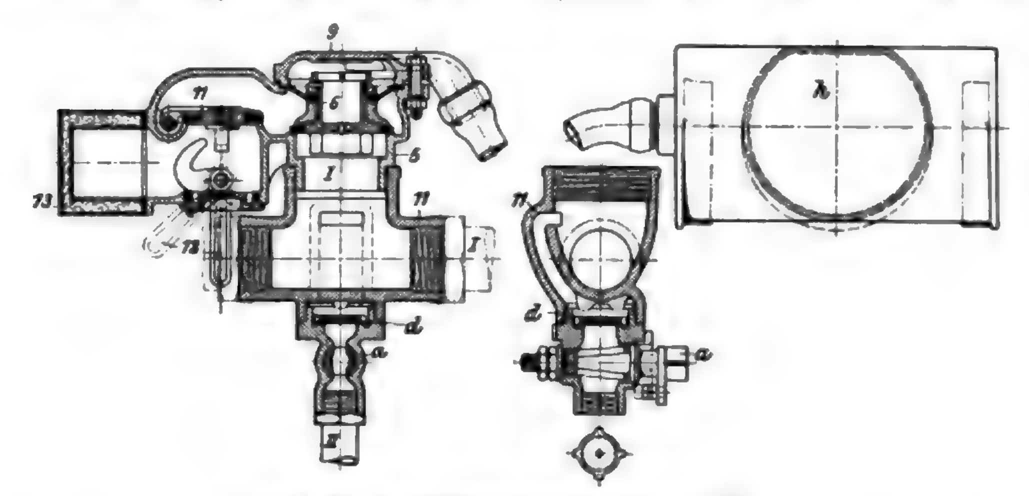


Abb. 26. Schnellbremsventil Bauart „AT“.

von jenem älterer Bauart dadurch, daß das Kugelventil *q* nicht am Zylinderkörper sondern im Kolben 2 untergebracht ist. Durch diese Anordnung wird der große Vorteil erzielt, daß das Kugelventil die Dichtheit des Bremszylinderoberteiles bei angehobenem Kolben nicht beeinflußt, da dasselbe in dieser Stellung des Kolbens durch den Rollring 5 vom Bremszylinderunterteil ganz abgeschaltet ist, somit der Rollring allein die gute Abdichtung dieser beiden Räume gegeneinander besorgt. Ferner lassen sich bei dieser Bremszylinderbauart die Anschlüsse an die Hauptrohrleitung und den Sonderbehälter in einfachster Weise bewerkstelligen (siehe Abb. 16 und 18).

Wird Luft aus der Wagenbremsleitung I gesaugt, so pflanzt sich die erzeugte Luftverdünnung nicht nur in den Raum unter dem Kolben sondern auch, infolge Abhebens der Kugel des Kugelventils von seinem Sitz, in den Raum ober dem Kolben und den mit denselben verbundenen Sonderbehälter *R* fort. Die im Raume ober dem Kolben und dem Sonderbehälter erzeugte Luftverdünnung ist jedoch um etwa 2 cm geringer als jene im Raume unter dem Kolben, da zur Überwindung des Gewichtes des Kugelventils oberhalb desselben eine höhere Luftverdünnung erzeugt werden muß als unterhalb desselben.

Tritt Luft in den Raum unter den Kolben ein, so wird der Kolben

Digitized by Google

angehoben und preßt durch Vermittlung des an seine Kolbenstange angeschlossenen Bremsgestänges die Bremsklötze mit voller oder mäßiger Kraft an die Radreifen an, je nachdem die Zerstörung der Luftverdünnung ganz oder nur teilweise stattgefunden hat. Wird die eingeströmte Luft wieder abgesaugt, so erfolgt zuerst ein Vermindern und schließlich das Aufhören des Bremsdruckes und somit das Niedersinken des Kolbens in seine tiefste Lage. Da, wie früher erwähnt wurde, die im Raume oberhalb des Kolbens erzeugte Luftverdünnung um ca. 2 cm kleiner ist als jene unterhalb des Kolbens, so wird das Niederziehen des Kolbens durch eine von oben nach unten wirkende Kraft erfolgen.

Die Bauart des Schnellbremsventiles ist bei der Güterzugbremse eine etwas andere als bei der Personenzugbremse. Das Schnellbremsventil der letzteren, Bauart „AT", zeigt die Abb. 26, jenes der Güterzugbremse, Bauart „K", die Abb. 27. Für die Zukunft dürfte die Bauart „K" mit entsprechend vergrößertem Raum oberhalb des Glockenventils 6 auch bei der Personenzugbremse Eingang finden.

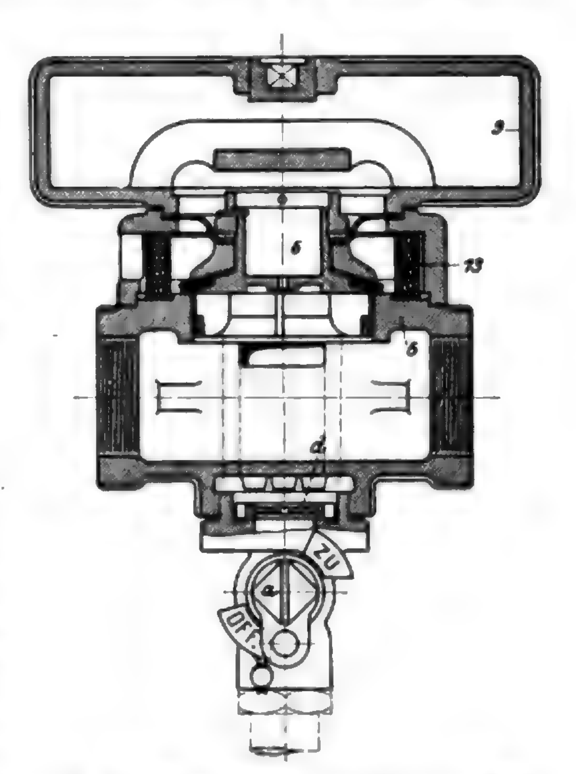


Abb. 27. Schnellbremsventil Bauart „K".

Der wesentlichste Bestandteil des Schnellbremsventiles beider Bauarten ist das Glockenventil 6, welches mit einer Lippendichtung auf seinem Sitz im Gehäuse 5 aufsitzt und durch eine Kautschukmembrane den oberen Raum von der Außenluft abschließt. Der Raum oberhalb des Glockenventils wird bei der Bauart „AT" durch den Deckel 9 und einen durch einen Schlauch angeschlossenen Hilfsbehälter *h* gebildet. Bei dem Schnellbremsventil Bauart „K" ist dieser Raum kleiner und besteht nur aus dem Deckel 9. Das Glockenventil 6 besitzt unten und oben seitlich ein Loch. Der Raum um das Glockenventil herum steht mit der Außenluft in Verbindung.

Das Gehäuse 5 des Schnellbremsventils ist bei der Bauart „AT" in ein in der Hauptrohrleitung sitzendes Kreuzstück 14 eingeschraubt, welches bei der Bauart „K" gleichzeitig als Gehäuse des Ventiles dient. Im Gehäuse des „AT"-Ventils ist noch eine Klappe 11 angebracht, welche durch den Daumen 12 arretiert werden kann, wenn der betreffende Wagen in einen Zug mit nichtselbsttätiger Luftsaugbremse eingestellt wird. Am unteren Ende des Kreuzstückes ist das Drosselstück *d* und der Absperrhahn *a* angebracht. Der Absperrhahn *a* wird nur während der Übergangszeit von der nichtselbsttätigen auf die selbsttätige Bremse ausgeführt, um Wagen mit selbsttätiger Bremse als Leitungswagen in Züge mit nichtselbsttätiger Bremse einstellen zu können. Später fällt derselbe fort.

Die Wirkungsweise beider Schnellbremsventilbauarten ist folgende: Beim Laden der Bremse wird aus der durchgehenden Rohrleitung und durch das untere Loch des Glockenventils auch aus dem Raum oberhalb desselben Luft ausgesaugt. Wird eine Betriebs- oder eine Regulierbremsung ausgeführt, so wird, da die Luft dabei nur ganz langsam in die Hauptrohrleitung einströmt, die Luftverdünnung gleichzeitig unterhalb und oberhalb des Glockenventiles 6 zerstört, es bleibt somit das Ventil in Ruhe.

Bei einer Schnellbremsung (plötzliches Zerstören der Luftverdünnung) wird das Glockenventil 6 durch den plötzlich auftretenden Überdruck von unten nach oben geschleudert und so lange an den Deckel angepreßt, bis in dem Raume oberhalb des Ventils die Luftverdünnung durch die durch das obere seitliche Loch einströmende Luft zerstört wird, worauf das Ventil wieder auf seinen Sitz niedersinkt. Beim Anheben des Glockenventils stürzt die Außenluft, durch das Staubfilter 13 gereinigt, bei der Bauart „AT" noch die Klappe 11 aufstoßend, in die Hauptrohrleitung und gelangt so auf dem kürzesten Wege, das Drosselventil *d* passierend, in den Bremszylinder. Bei der Personenzugbremse bleibt das Schnellbremsventil etwa sechs Sekunden, bei der Güterzugbremse nur etwa zwei Sekunden offen.

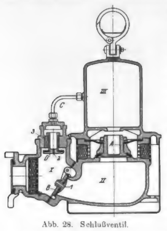


Abb. 28. Schlußventil.

Bei der ersteren Bremse hat es das Vollfüllen des Bremszylinders, bei der letzteren die Bewirkung einer Vorbremsung und rascheste Durchleitung der Schnellwirkung bis an das Ende des Zuges, behufs Betätigung des weiter zu besprechenden Anhängeventils, zu besorgen.

Das Drosselventil *d* (Abb. 26 und 27) hat den Zweck, die Zuströmung der Luft in den Bremszylinder zu verzögern, somit das Ansteigen des Bremsdruckes sanfter zu gestalten, was zur Verhütung von Stößen und Zugtrennungen als notwendig erkannt wurde.

Die Durchschlagsgeschwindigkeit beträgt bei den Schnellbremsventilen Bauart „AT" rund 200 bis 230 m pro Sekunde, bei jenen der Bauart „K" ist dieselbe bis etwa 360 m pro Sekunde gesteigert. Trotz dieser großen, die Schallgeschwindigkeit übertreffenden Durchschlagsgeschwindigkeit der „K"-Ventile war es nicht möglich, lange Güterzüge in der bei der Personenzugbremse geübten Art der Schnellbremsung von vorne nach rückwärts vollkommen einwandfrei zu bremsen. Diese Erfahrung führte zu der Anordnung eines Schlußventils (Anhängeventils), welches ein zeitlich früheres Vollbremsen der rückwärtigen Wagen gegenüber der Mitte des Zuges zu besorgen hat, um den zu starken Nachschub von hinten zu verhüten.

Das Schlußventil oder Anhängeventil (Abb. 28) wird am letzten Wagen im Zuge mit der durchgehenden Rohrleitung verbunden.

Es besteht aus den drei Räumen I, II u. III, dem Glockenventil A, der Klappe B und dem Tellerventil D. Die mit einer engen Bohrung 1 versehene Klappe B trennt den unter dem Glockenventil liegenden Raum II von dem mit der Hauptrohrleitung in direkter Verbindung stehenden Raum I. Das Röhrchen C verbindet den Raum I mit dem Raum III. In diese Verbindung ist das Tellerventil D, welches eine Bohrung 2 besitzt, eingebaut. Eine weitere Bohrung 3 von etwas größerem Durchmesser ist in dem Ventilgehäuse angeordnet.

Beim Laden der Bremse wird in allen Räumen des Anhängeventils die gleiche Luftverdünnung erzeugt.

Wird eine Betriebsbremsung oder Regulierbremsung auf der Lokomotive eingeleitet (langsames Einströmenlassen von Luft in die Hauptrohrleitung), so wird die Luftverdünnung infolge Einströmens von Luft durch die Bohrungen 1, 2 und 3 in den Räumen II und III gleichzeitig zerstört, somit bleibt das Ventil A in Ruhe.

Bei einer Schnellbremsung (plötzliches Zerstören der Luftverdünnung) schleudert der in den Raum I eintretende Luftstrom das Ventil D auf seinen Sitz, wodurch die Bohrung 3 abgesperrt wird. Gleichzeitig wird die Klappe B auf ihren Sitz dicht angepreßt. Die Luft strömt somit in den Raum II nur durch die Bohrung 1 und in den Raum III nur durch die Bohrung 2. Infolge Ungleichheit der Räume II und III wird im Raume II die Luftverdünnung schneller zerstört als im Raume III. Das Ventil A wird daher nach Verlauf einer bestimmten Zeit durch den entstehenden Überdruck aufgehoben, wodurch plötzlich Außenluft in den Raum II und durch die sich öffnende Klappe B auch in den Raum I und die Hauptrohrleitung eintritt. Die Einrichtung ist so getroffen, daß sich das Ventil A gerade dann anhebt, wenn sich die Schnellbremsventile im Zuge bereits geschlossen haben, und die Ausgleichluftverdünnung (siehe Seite 639 Absatz ζ) bereits ein gewisses Maß erreicht hat. Der Eintritt der Außenluft durch das Anhängeventil bewirkt eine neuerliche Schnellbremswirkung, jedoch von rückwärts nach vorne (Rückschnellbremsung). Das Ventil A bleibt etwa 20 Sek. offen.

Da sich der Vorgang einer Schnellbremsung bei der Güterzugbremse anders abspielt als bei der Personenzugbremse, so soll die Gesamtwirkungsweise beider Bremsbauarten getrennt besprochen werden.

1. Personenzugbremse.

α) Laden. Wird der Bremshandgriff in die Stellung „Bremse los" gebracht, so wird aus allen Räumen der Bremse des Tenders und der Wagen durch den großen und den Hilfsluftsauger des Doppelluftsaugers L Luft bis zu einer Verdünnung von 52 cm ausgesaugt. Das Aussaugen der Luft bis zu derselben Verdünnung aus den Räumen der Lokomotivbremse besorgt der Lokomotivluftsauger.

β) Bremsprobe. Der Bremshandgriff wird in die „Fahrtstellung" gebracht und das Dampfventil zum Hilfsluftsauger abgesperrt. Die Beobachtung des Zeigers des Druckmessers zeigt, ob die Bremse genügend dicht ist. Ist dies der Fall, so wird das Dampfventil zum Hilfsluftsauger wieder geöffnet und eine Schnellbremsung ausgeführt, damit sich der Wagenwärter überzeugen kann, ob die Schnellwirkung bis an das Ende

des Zuges durchschlägt. Hierauf kommt der Bremshandgriff in die Fahrtstellung und wird dort belassen.

γ) Fahrt. Der Bremshandgriff bleibt in der „Fahrtstellung". Es arbeiten der Hilfsluftsauger des Doppelluftsaugers und der Lokomotivluftsauger behufs Erhaltung der vorgeschriebenen Luftverdünnung.

δ) Betriebs- oder Regulierbremsung. Der Bremshandgriff wird langsam von der „Fahrtstellung" gegen die Stellung „Wagenzug gebremst" bewegt, wobei je nach der Stellung des Griffes die Luftverdünnung in der Hauptrohrleitung und in den Bremszylinderunterteilen langsam mehr oder weniger zerstört, somit die Bremse des Zuges je nach Bedarf mehr oder weniger kräftig angezogen wird. Die Lokomotivbremse bleibt dabei in Bereitschaft.

ε) Lösen der Bremse. Soll der Bremsdruck ermäßigt oder die Bremse ganz gelöst werden, so wird der Bremshandgriff zurück nach der „Fahrtstellung" bewegt. Soll rasch entbremst werden, so wird der Bremshandgriff bis in die Stellung „Bremse los" gebracht, bei welcher der große Luftsauger arbeitet.

ζ) Schnellbremsung. Ist ein rasches Anhalten des Zuges geboten, so wird der Bremshandgriff rasch auf „Alles gebremst" gebracht und hierdurch ein plötzliches Einströmen von Außenluft in die Hauptrohrleitung bewirkt. Dadurch werden sämtliche Schnellbremsventile im Zuge zum Ansprechen gebracht. Durch die angehobenen Ventile strömt Außenluft durch das Drosselstück direkt zu den Bremszylindern und erzeugt die volle Bremskraft. Gleichzeitig wird durch die geöffnete Bremsluftklappe *b* am Doppelluftsauger die Luftverdünnung in den Lokomotivbremszylinderunterteilen zerstört und somit auch die Lokomotivbremse angezogen.

η) Notbremsung vom Zuge aus.[1]) Wird an einem der in den Wagenabteilen und Gängen angebrachten Griffen der Notzugkästen *Z* (Abb. 17) gezogen, so wird das Notbremsventil *N* geöffnet, wodurch eine Schnellbremsung herbeigeführt wird. Nimmt der Lokomotivführer den Eintritt derselben wahr, so hat er den Bremshandgriff sofort auf „Alles gebremst" zu bringen.

ϑ) Vorspann. Wird ein Zug mit zwei Lokomotiven an der Spitze geführt, so erfolgt zwischen den zwei Lokomotiven sowohl die Verbindung der Kupplung der Hauptrohrleitung als auch jene der Vorspannhochkupplung. Die Bedienung der Bremse übernimmt der Führer der ersten Lokomotive. Auf der zweiten Lokomotive bleibt normal der Bremshandgriff in der Stellung „Fahrt". Das Dampfventil zum Hilfsluftsauger und zum Lokomotivluftsauger wird auf der zweiten Lokomotive geschlossen gehalten. Im Bedarfsfalle kann auch der Führer der zweiten Lokomotive die Bremse bedienen.

2. Güterzugbremse.

α) Das Laden der Bremse geschieht wie bei der Personenzugbremse, nur mit dem Unterschied, daß die Luftverdünnung für die Wagen- und Tenderbremse nur bis 35 cm erfolgt.

[1]) Während des Übergangs von der nichtselbsttätigen Bremse auf die selbsttätige ist in Österreich das vom Notbremsventil *N* (Abb. 17) führende Rohr IIa nicht an die Hauptrohrleitung sondern an die zum Bremszylinderunterteil führende Leitung II angeschlossen. Bei dieser Anordnung ist keine Schnellbremsung sondern nur eine Betriebsbremsung vom Zuge aus möglich.

β) Bremsprobe. Nach erprobter Dichtheit der Bremse wird der Bremshandgriff in die Stellung „Alles gebremst“ und hierauf sofort in die Stellung „Bremse los“[1]) gebracht. Der auf Null gesunkene, hierauf wieder bis etwa 30 cm steigende Zeiger des Luftverdünnungsmessers auf der Lokomotive fällt wegen der durch das Anhängeventil erzeugten Rückschnellbremsung abermals, was ein untrügliches Zeichen für den Lokomotivführer ist, daß der Zug vollständig verbunden und die Bremse betriebsbereit ist.

γ) Fahrt und δ) Betriebs- oder Regulierungsbremsung wie bei der Personenzugbremse.

ε) Das Lösen der Bremse geschieht wie bei der Personenzugbremse, nur darf bei sehr langen Güterzügen der Übergang von der Bremsstellung in die Lösestellung nicht zu rasch erfolgen.

ζ) Schnellbremsung. Der Bremshandgriff wird rasch in die Stellung „Alles gebremst“ gebracht. Dies bewirkt ein plötzliches Einströmen der Außenluft in die Hauptrohrleitung, was ein Ansprechen sämtlicher Schnellbremsventile mit einer Durchschlagsgeschwindigkeit von rund 360 m/sek zur Folge hat. Das Anheben der Schnellbremsventile bewirkt ein plötzliches Anfüllen der Hauptrohrleitung mit Luft. Da jedoch dieselben nicht solange offen bleiben, als zum Vollfüllen der Bremszylinder notwendig wäre, so wird nach dem Schließen der Schnellbremsventile die Luft aus der durchgehenden Rohrleitung und aus den Schnellbremsventilen, welche hierdurch neuerlich geladen werden, in die Bremszylinder abströmen, so daß wieder eine Luftverdünnung (Ausgleichluftverdünnung), deren Höhe von der Anzahl der Bremszylinder im Zuge abhängt, in der Hauptrohrleitung sich bilden wird. In diesem Momente öffnet sich plötzlich das Anhängeventil und bewirkt die Rückschnellbremsung.

η) Notbremsung vom Zuge aus. Wird im Gefahrfalle die in den Bremserhütten der Güterwagen angebrachte Notbremsklappe Z (Abb. 18) aufgerissen, so wird eine Schnellbremsung eingeleitet, nach deren Wahrnehmung der Lokomotivführer den Bremshandgriff sofort auf „Alles gebremst“ zu stellen hat.

ϑ) Vorspann wie bei der Personenzugbremse.

Die mit dieser Güterzugbremse von den k. k. Österr. Staatsbahnen durchgeführten sehr umfangreichen Versuche haben äußerst günstige Resultate ergeben.

b) Andere Luftsaugebremsen.

Neben der selbsttätigen Luftsaugebremse nach Bauart Hardy-Clayton sind nur sehr wenige andere Bauarten entstanden, die sich eigentlich nur in der Ausführung der Einzelteile voneinander unterscheiden. Verschieden in der Wirkungsweise ist nur die selbsttätige Eames-Bremse, welche eine Einkammer-Bremse ist und nach Art der Westinghouse-Bremse mit Hilfe eines Steuerventils die in einem Behälter erzeugte Luftverdünnung beim Bremsen in einen Bremszylinder mit Ledermembrane, ähnlich dem der nichtselbsttätigen Hardy-Bremse, übertreten läßt. Diese Bremse hat keine Verbreitung gefunden.

Eine selbsttätige Luftsaugebremse, welche früher auf schwedi-

[1]) Bei kurzen Zügen nur in die „Fahrtstellung“.

schen, norwegischen, russischen und sizilianischen Bahnen verwendet wurde, jetzt aber durch die selbsttätige Hardy-Clayton- oder Westinghouse-Bremse verdrängt wurde, ist die Körting-Bremse.[1])

In England findet man verschiedene Ausführungsformen der Einzelteile der selbsttätigen Luftsaugebremse. So verwendet die Midland-Bahn nicht Doppelluftsauger in der oben beschriebenen Grundform, sondern führt die Luftsauger getrennt von dem Bremsschieber (Luftschieber) aus und verwendet überdies für die Lokomotiven eine Dampfbremse, welche selbsttätig mit der Luftsaugebremse des Zuges zur Wirkung gelangt. Manche Bahnen, wie die London and North-Western Railway, benützen an Stelle des beschriebenen Hilfsluftsaugers zur Erhaltung der Luftverdünnung während der Fahrt vom Kreuzkopf der Lokomotive angetriebene Pumpen. Ferner sind bei einzelnen englischen Bahnen, wie bei der Great Western, London and North-Western, Lancashire and Yorkshire Railway, die Kolben der Bremszylinder nicht mit Rollringen sondern mit Ledermanschetten gedichtet oder mit Ledermembranen ausgeführt.

Die Dänischen Staatsbahnen haben in der letzten Zeit für die Bremsung der Lokomotiven eine Wasserdruckbremse eingeführt, welche durch einen großen am Tender angebrachten, von der Luftsaugebremse beeinflußten Zylinder in Tätigkeit gesetzt wird.

Ferner sei noch erwähnt, daß die Bauart der Schnellbremsventile in England eine andere ist als in Österreich. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, daß bei dem englischen Ventil die Außenluft durch das Schnellbremsventil direkt in die Bremszylinder und in die Hauptrohrleitung gelangt, während bei dem österreichischen Ventil die Außenluft direkt nur in die Hauptrohrleitung und von da erst in die Bremszylinder strömt.

Der englischen Bauart, welche anfangs auch in Österreich versucht wurde, haftet der wesentliche Nachteil an, daß die Empfindlichkeit des Ventils wegen seiner Verbindung mit dem Bremszylinder mit zunehmendem Kolbenhub, also mit zunehmender Abnützung der Bremsklötze, wächst, während bei den früher beschriebenen Schnellbremsventilen die Empfindlichkeit immer unverändert bleibt, was zur Verhütung von unbeabsichtigten Schnellbremsungen notwendig ist.

4. Verbreitung der Luftdruck- und Luftsaugebremsen.

a) Europa.

1. England. Der größte Teil der englischen Bahnen verwendet die selbsttätige Luftsaugebremse, deren Bauart in den Einzelteilen von den hier beschriebenen Luftsaugebremsen mehr oder weniger abweicht. Die Bahnen der Ostküste und Schottlands verwenden die Westinghouse-Bremse. Unter diesen sind es hauptsächlich die Great Eastern Ry., North Eastern Ry., Caledonian Ry., North British Ry. und die London-Brighton-South Coast Ry.

Die North Eastern Ry. führt bei Güterzügen die selbsttätige Luftsauge-Schnellbremse ein. Viele der englischen Bahnen haben eine Anzahl von Lokomotiven mit beiden Bremssystemen ausgerüstet, um die auf ihren Linien durchlaufenden Züge benachbarter Bahnverwaltungen mit der betreffenden Bremse fahren zu können.

[1]) vgl. Eisenbahntechnik der Gegenwart 1898, 2. Teil, S. 635.

2. Portugal. Die selbsttätige Luftsaugebremse ist ausschließlich auf allen Bahnen in Verwendung.

3. Spanien. Alle größeren Eisenbahnen verwenden die selbsttätige Luftsaugebremse. Die Madrid-Saragossa-Alicante Eisenbahn verwendet neben dieser Bremse für den Vorortverkehr von Barcelona die Westinghouse-Bremse, welche auch die Ferrocassil Central Aragon angenommen hat.

4. Frankreich. Alle großen Bahnen verwenden die Westinghouse-Schnellbremse, bis auf eine große Zahl von Nebenbahnen, die die selbsttätige Luftsaugebremse benützen. Die Paris-Lyon-Meditéranée-Bahn verwendet die Westinghouse-Henry-Doppelbremse. Die Bahnverwaltungen Paris-Orléans, Midi und die Französischen Staatsbahnen besitzen noch eine größere Zahl von Wagen, welche mit der Zweikammer-Wenger-Bremse ausgerüstet sind. Die Französische Nordbahn hat noch eine große Zahl ihrer Güterlokomotiven mit der nichtselbsttätigen Luftsaugebremse eingerichtet.

5. Belgien. Die Belgischen Staatsbahnen haben die Westinghouse-Schnellbremse in Verwendung. Die Fahrbetriebsmittel der verstaatlichten Belgischen Zentralbahn bleiben noch mit der selbsttätigen Luftsaugebremse ausgerüstet.

6. Niederlande. Die niederländischen Haupt-Bahnen verwenden die Westinghouse-Bremse, einige Neben- und Straßenbahnen die selbsttätige Luftsaugebremse.

7. Dänemark. Die Kgl. Dänischen Staatsbahnen und die meisten Privatbahnen benützen die selbsttätige Luftsaugebremse.

8. Schweden. Hier ist gleichfalls die selbsttätige Luftsaugebremse in Verwendung, bis auf eine Bergwerksbahn, die die Westinghouse-Bremse benützt.

9. Norwegen. Die norwegischen normalspurigen Bahnen verwenden die selbsttätige Luftsaugebremse. Auf den schmalspurigen steht die Carpenter-Bremse in Verwendung.

10. Deutschland. Sämtliche Staaten haben ihre Fahrbetriebsmittel mit der Westinghouse-Schnellbremse ausgerüstet. Die Kgl. Preußischen Staatsbahnen richten einen großen Teil ihrer Fahrbetriebsmittel jetzt mit der Knorr-Bremse ein. Die Badischen Staatsbahnen verwenden am Schwarzwald die Westinghouse-Henry-Doppelbremse. Die Pfalz-Bahn und die Eisenbahndirektion Altona besitzen noch Fahrzeuge mit Schleifer-Bremse. Die Blankenburg-Halberstädter Bahn führt für ihre sämtlichen Fahrzeuge die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse ein. Die westfälischen Landesbahnen und auch sehr viele Lokal- und Nebenbahnen benützen die selbsttätige Luftsaugebremse. In Bayern wird auf einigen Seitenlinien der Kgl. Bayerischen Staatsbahnen die nichtselbsttätige Luftsaugebremse angewendet.

11. Österreich. Sämtliche Bahnen bis auf die Kaschau-Oderberger-Bahn haben die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse angenommen. Gegenwärtig wird noch vielfach die nichtselbsttätige Luftsaugebremse verwendet. Die Kaschau-Oderberger Bahn und die Österreich-Ungarische Staatseisenbahn-Gesellschaft benützen für die aus und nach Ungarn laufenden Züge die Westinghouse-Schnellbremse. Die Lokalbahn Innsbruck-Hall benützt die Körting-Bremse.

12. Ungarn. Die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen und die Kaschau-

Oderberger Bahn haben die Westinghouse-Schnellbremse in Benützung. Auf den ungarischen Linien der Südbahn wird von der nichtselbsttätigen auf die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse übergegangen. Die Raab-Ödenburger Bahn und einige Nebenbahnen benützen die nichtselbsttätige Luftsaugebremse, die Arad-Csanader Eisenbahn die selbsttätige Luftsaugebremse.

13. Bosnien und Herzegowina. Die Bosn.-Herzegowin. Staatsbahnen verwenden für Personen- und Güterzüge die selbsttätige Luftsaugebremse.

14. Schweiz. Die Schweizer Hauptbahnen, d. i. die Schweizer Bundesbahnen und die Gotthardbahn verwenden für die Talstrecken die Westinghouse-Schnellbremse, für die Bergstrecken die Westinghouse-Henry-Doppelbremse. Viele der schmalspurigen Bergbahnen mit Dampf- oder elektrischem Betrieb benützen die selbsttätige Luftsaugebremse, ebenso die Rhätischen Bahnen jedoch mit Schnellwirkung. Die Berner Oberlandbahnen haben die Klose'sche Dampf-Federkraftbremse in Anwendung.

15. Italien. In Italien steht die Westinghouse-Bremse in Verwendung. Für die Gebirgsstrecken wird die Henry-Bremse zugefügt. Einzelne Lokomotiven der ehemaligen Adriatischen Eisenbahn besitzen noch die nichtselbsttätige Luftsaugebremse. Die Bahnen auf Sardinien haben die Westinghouse-Bremse eingeführt. Für schmalspurige Bahnen auf Sizilien wurde die selbsttätige Luftsaugeschnellbremse angenommen.

16. Griechenland. Auf den griechischen Bahnen wird die selbsttätige Luftsaugebremse angewendet.

17. Serbien. Die Serbischen Staatsbahnen benützen noch die nichtselbsttätige Luftsaugebremse. Die Nebenbahnen verwenden die selbsttätige Luftsaugebremse.

18. Bulgarien. Die selbsttätige Luftsaugebremse wird hier angewendet.

19. Rumänien. Die Rumänischen Staatsbahnen verwenden die Westinghouse-Bremse.

20. Türkei. Alle Bahnen der europäischen Türkei haben die nichtselbsttätige Luftsaugebremse in Benützung. Die orientalischen Bahnen gehen daran, die Westinghouse-Schnellbremse einzuführen.

21. Rußland. Hier herrscht die Westinghouse-Bremse vor. Die Warschau-Wiener und Warschau-Bromberger Bahn, die Moskau-Kasan-, die Rjäsan-Uralsk- und einige kleinere Bahnen benützen die selbsttätige Luftsaugebremse. Auch die Schleifer-Bremse wird teilweise verwendet.

22. Übergangswagen der mitteleuropäischen Bahnen werden mit beiden Bremssystemen ausgerüstet.

b) Asien.

1. Rußland. In den zum Russischen Reich gehörigen Ländern ist die Westinghouse-Bremse in Benützung.

2. Türkei. Die Bahnen Kleinasiens verwenden zum Teil die nichtselbsttätige, zum Teil die selbsttätige Luftsaugebremse. Die Bagdad-Bahn erhält die Westinghouse-Bremse, die Hedjas-Bahn die selbsttätige Luftsaugebremse.

3. Vorderindien. Die indischen Bahnen benützen ausschließlich die selbsttätige Luftsaugebremse.

4. Hinterindien. Die Bahnen in Hinterindien gebrauchen die nichtselbsttätige Luftsaugebremse.

5. Niederländ.-Indien. Die selbsttätige Luftsaugebremse steht hier in Anwendung.

6. Japan. Japanische Bahnen benützen ausschließlich die selbsttätige Luftsaugebremse.

7. China. Die Westinghouse-Bremse findet bei den wenigen bisher im Betriebe befindlichen Bahnen Verwendung.

c) Afrika.

Fast alle afrikanischen Bahnen, einschließlich der deutschen Kolonialbahnen, verwenden die selbsttätige Luftsaugebremse.

d) Amerika.

1. Nordamerika. Hier herrscht ausschließlich die Westinghouse-Bremse. Einige Bahnen benützen neben der Westinghouse-Bremse die New York-Air-Brake.

2. Südamerika. In den südamerikanischen Staaten wird von dem größeren Teil der Bahnen die selbsttätige Luftsaugebremse, von dem kleineren Teil die Westinghouse-Bremse angewendet.

e) Australien.

Die Staatsbahnen in Australien und einige kleinere Bahnen haben die selbsttätige Luftsaugebremse in Anwendung. Die Westinghouse-Bremse wird gleichfalls von mehreren Bahnen benützt.

Die Zugbeleuchtung.

Von

Adolf Prasch,

Ingenieur, k. k. Regierungsrat, Wien.

1. Einleitung.

Im Beginne des Bahnverkehres hielt man eine Beleuchtung der Eisenbahnwagen für überflüssig. Es war sonach auch keine Vorsorge für Beleuchtungseinrichtungen getroffen. Erst nach und nach machte sich die Notwendigkeit geltend, das Wageninnere zu beleuchten, doch bediente man sich, da das Lichtbedürfnis an und für sich gering erschien, der einfachsten Hilfsmittel. — Zur Zeit der Einführung der Bahnen stand die Beleuchtungstechnik noch auf einer sehr tiefen Stufe der Entwicklung und es waren dementsprechend auch die Anforderungen in bezug auf Lichtmenge sowohl für den häuslichen als auch für den öffentlichen Bedarf noch sehr geringe. Man begnügte sich daher auch im Eisenbahnverkehr nicht nur mit den anfänglich gebotenen primitiven Beleuchtungseinrichtungen, sondern begrüßte sie sogar als Fortschritt.

Die Entwicklung des Verkehres auf der einen und die Entwicklung der Beleuchtungstechnik auf der anderen Seite brachten aber bald einen Umschwung. Häusliches Licht in ausreichendem Maße ward bald kein Luxusgegenstand mehr. Die Möglichkeit, Licht zu angemessenen Preisen in ausreichender Menge zu erhalten, erweckte erst das Bedürfnis. Entsprechende Beleuchtung wurde bald zur Notwendigkeit, und alles, was dieser nicht entsprach, als Mangel empfunden.

Dem Fortschritte in der Beleuchtungstechnik, wie solcher durch die Einführung des Gases für unbewegliche Objekte gegeben war, vermochten die Bahnen jedoch nicht unmittelbar zu folgen und es blieb daher die Beleuchtung der Eisenbahnwagen gegenüber den Anforderungen lange Zeit rückständig und ist es teilweise noch heute geblieben. Es bedurfte noch einer Reihe von Erfindungen, um die rasch dahin eilenden Wagen in einer den Bedürfnissen angemessenen Weise erleuchten zu können. Diese Erfindungen sind nun bereits eine vollendete Tatsache und es steht daher der allgemeinen Einführung einer guten Beleuchtung kein Hindernis mehr entgegen.

Wiewohl sich nun die Bahnen gegenüber diesen Fortschritten nicht ablehnend verhalten, so fehlt doch noch immer jener frische Zug, welcher die Vorzüge der neuen Beleuchtungsmethoden nutzbar zu machen sucht.

Namentlich ist es zu beklagen, daß die Bestrebungen, eine den wirklichen Bedürfnissen angemessene Beleuchtung zu schaffen, sich nur auf die Hauptlinien und da zumeist nur auf die Luxuszüge beschränken. Nicht oft genug kann es betont werden, daß das Bedürfnis nach einer guten Beleuchtung zu einer Zeit, wo der Verkehr Allgemeingut geworden ist und eine fortwährende Steigerung erfährt, sich überall geltend macht und auch die Reisenden der Nebenbahnen sowie der unteren Wagenklassen das gleiche Anrecht auf Licht haben wie die der Hauptbahnen und der oberen Wagenklassen.

Der Mangel an Entgegenkommen vieler Bahnen gegenüber den berechtigten Wünschen der Reisenden, welcher sich wohl auch aus den oft beschränkten Mitteln erklärt, zeigt sich wohl am besten darin, daß man heute noch vielfach Kerzen-, Öl- und Petroleumbeleuchtung findet, deren Unzulänglichkeit, ja teilweise auch Gefährlichkeit schon längst erkannt ist.

Die erste Bahn, welche eine Beleuchtung ihrer Wagen durchführte (1836), war, soweit zu ermitteln, die Dresden-Leipziger Bahn, welche hierfür Kerzen verwendete. Sechs Jahre später wurde die Beleuchtung der Wagen für Preußen mittels besonderem Erlasse angeordnet, doch konnten die Bahnen nur durch Androhung von Strafen zu deren Einführung gezwungen werden.

Bei der Zugbeleuchtung ist zwischen Innen- und Außenbeleuchtung zu unterscheiden. Während die Innenbeleuchtung bloß eine Erhellung der von Personen zu besetzenden Wagen und Wagenabteile einschließlich der Arbeitsräume der Bahn- und Postbediensteten anstrebt und keinen weiteren Zweck damit verbindet, soll die Außenbeleuchtung mehr Signalisierungszwecken dienen, was durch entsprechende Anordnung der Beleuchtungskörper und Anwendung farbiger Lichter erreicht wird. Bei dieser Beleuchtung tritt mit einer einzigen Ausnahme die Erhellung einzelner Zugteile oder des Bahnkörpers in den Hintergrund und bildet der Signalisierungszweck die Hauptsache. Die Ausnahme bildet nur die Brustlaterne an der Lokomotive, die nicht nur Außenstehenden das Herannahen des Zuges auf bedeutendere Entfernungen hin ankündigen, sondern auch den Bahnkörper vor der Lokomotive auf eine bestimmte Wegstrecke hin so erleuchten soll, daß der Führer der Lokomotive entgegentretende Hindernisse rechtzeitig erkennen und vorbeugend eingreifen kann.

Es wird daher die Außenbeleuchtung der Züge als mit dem zu behandelnden Gegenstande nicht im Einklange stehend und der Signalisierung zugehörend an dieser Stelle nicht weiter erwähnt werden, was auch um so zulässiger erscheint, als die Ausbildung der Beleuchtungskörper, die zumeist Petroleum oder Brennöl als Verbrennungsmateriale verwenden, keine Sonderheiten aufweist und diese sonach mit etwaiger Ausnahme der Reflektoren mit ähnlichen Vorrichtungen als gleichförmig angesehen werden können. Auch unterliegt es keinem Anstande, die Lichtquelle durch Gas oder elektrische Glühbirnen gleicher Leuchtkraft zu ersetzen.

Im allgemeinen lassen sich für die Innenbeleuchtung der Züge als Beleuchtungsmethoden unterscheiden: die Kerzen-, Öl-, Petroleum-, Gas und elektrische Beleuchtung. Der Aufschwung in der Zugbeleuchtung ist der Einführung des Ölgases durch Julius Pintsch zu danken. Durch die Mitnahme des unter einem bedeutenden Drucke stehenden Gases in einem

eisernen Behälter ist es möglich geworden, die Vorzüge der Gasbeleuchtung auch auf die Züge zu übertragen.

Größeren Schwierigkeiten begegnete die Nutzbarmachung der Elektrizität für die gleichen Zwecke. Hier waren trotz der anscheinenden Leichtigkeit, entsprechende Einrichtungen zu schaffen, noch viele ungeahnte Hindernisse zu beseitigen, ehe es gelang, eine allen Anforderungen Rechnung tragende Zugbeleuchtung zu erhalten. Es ist dies mit ein Grund, daß Ölgaseinrichtungen sich in so umfangreichem Maße einbürgern konnten, weil eben jede berechtigte Konkurrenz fehlte. Jetzt tritt jedoch die Elektrizität als ein bereits sehr beachtenswerter Faktor mit in den Wettbewerb und die elektrische Zugbeleuchtung faßt immer festeren Fuß, ohne jedoch die Ölgas- oder die Gasbeleuchtung überhaupt zu verdrängen, da auch bei dieser ununterbrochen gestrebt wird, die Einrichtungen zu verbessern.

2. Die Beleuchtung mit Kerzen, Öl und Petroleum.

Die Kerzenbeleuchtung ist von untergeordneter Bedeutung, sie dürfte bald gänzlich verschwinden und durch Ölgas oder elektrische Beleuchtung verdrängt werden. Die Nachteile der Kerzenbeleuchtung liegen in der geringen Lichtstärke und in den großen Betriebskosten. Dagegen sind die Einrichtungs- und Bedienungskosten viel geringer als bei allen anderen Beleuchtungsarten, auch ist ihre Sicherheit so groß, daß sie neben anderen Beleuchtungseinrichtungen als Notbeleuchtung Verwendung findet.

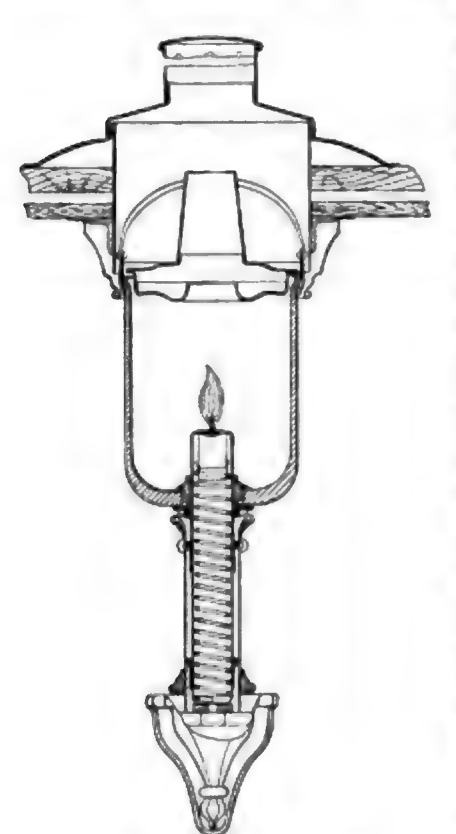


Abb. 1. Kerzenhalter.

Verwendet werden ausschließlich Paraffin- oder Stearinkerzen. Um den ausstrahlenden Lichtkörper ohne Rücksicht auf den Abbrand in stets gleicher Höhe zu erhalten, wird eine ähnliche Einrichtung angewendet wie bei den bekannten Wagenlaternen. Abb. 1 zeigt einen Kerzenhälter, wie solcher bei der Ostpreußischen Südbahn in Verwendung war. Dieser Kerzenhälter wird in die Wagendecke eingelassen, ist oben mit einer Art Reflektor zur besseren Verteilung des Lichtes versehen und trägt unten eine Hülse, in welcher sich eine Spiralfeder befindet, die die einzusetzende Kerze nach Maßgabe des Abbrandes in die Höhe drückt.

Für die Ölbeleuchtung kommen je nach der Preislage die verschiedensten Öle zur Verwendung. Die europäischen Bahnen verwenden fast ausschließlich Rüböl. In Spanien kommt auch Olivenöl mit einer geringen Beimengung von Petroleum (5 bis 10 %) zur Benutzung. In den östlichen Ländern auch Sesamöl und in Ostindien Rizinusöl. Das

zu verwendende Öl soll sorgfältig gereinigt sein, weder freie Säuren noch Alkalien enthalten und mit rußfreier Flamme brennen. Zur Winterszeit wird dem Brennöl gerne ein Zusatz von Petroleum gegeben, um sein Erstarren zu verhindern. Die verwendeten Lampen werden, wenn sie auch in der Konstruktion große Verschiedenheiten aufweisen, doch überall in der gleichen Weise untergebracht, indem in die Wagendecken Öffnungen eingeschnitten werden, in welche die Lampengehäuse, die aus einem Blechzylinder von 200 bis 300 mm Durchmesser, dessen unteres Ende durch eine Glasglocke von 100 bis 150 mm Tiefe abgeschlossen ist, eingesetzt sind. Den oberen Abschluß bildet eine in Scharnieren umlegbare Kappe mit dem zugehörigen Schornsteine, an dessen Ende ein Handgriff sich befindet, mit welchem die gesamte Lampe aus dem Dacheinschnitt herausgehoben werden kann. An dem mittleren zylindrischen Teil ist ein Ring befestigt, welcher einen am Wagendache wasserdicht befestigten, rechtwinklig abgebogenen Ring, der die Auflage für das Lampengehäuse bildet, übergreift.

Die Deckenkappen und Schornsteine sind so eingerichtet, daß durch die mit Blechnasen überdeckte Luftspalte sowohl Luft in die Glocke eintreten als auch die Verbrennungsgase abziehen können, jedoch ein Eindringen von Regenwasser verhindert wird. Die Luftspalten sind, um einen zu lebhaften Luftzug und damit ein Flackern und Verlöschen der Flamme hintanzuhalten, so eingerichtet, daß der Luftzutritt nicht geradlinig sondern in mehreren Unterbrechungen erfolgt.

Die abschließenden Glasglocken sind entweder unbeweglich in das Gehäuse eingesetzt, oder sie lassen sich auch um ein Scharnier drehbar nach innen öffnen. Im ersten Falle ist die Bedienung der Lampe nur von außen möglich, wodurch eine Belästigung der Reisenden sowie eine Verunreinigung der Wagen durch das unvermeidliche Tropföl ausgeschlossen ist, während im zweiten Falle das Regeln und Bedienen auch während der Fahrt möglich wird. Die eigentlichen Beleuchtungskörper (die Lampeneinsätze) unterscheiden sich nach der Art der Brenner in Flachbrenner- und Rundbrennerlampen (Argand-Lampen).

Eine einfache und vielverbreitete Öllampe mit Flachdocht ist die sogenannte Kranzlampe. Das Ölgefäß besteht hier aus einem vollständig abgeschlossenen ringförmigen Blechgefäß, von welchem aus ein Rohr nach der 80 bis 100 mm unterhalb befindlichen Brennerkapsel führt. Die Brennerkapsel besteht aus einem oben offenen kleinen Blechgefäß von 30 mm Länge, 10 mm Breite und 50 mm Höhe. Das Verbindungsrohr mit dem Ölgefäß mündet etwa 30 mm unterhalb des Oberrandes in eine der Seitenwände ein. Der Flachdocht wird mittels eines Drahthalters aus Blech in die Brennerkapsel eingesetzt. Die Füllung der Lampe erfolgt durch eine an der obersten Stelle der Lampe angebrachte Öffnung, welche mit einer luftdicht schließenden Schraube abgeschlossen wird.

Wird die Füllschraube jedoch am untersten Boden der Brennerkapsel angebracht, so tritt zu dem erwähnten Verbindungsrohr noch ein zweites symmetrisch angeordnetes Rohr zwischen Ölbehälter und Brennerkapsel hinzu, welches als Füllrohr dient. Die Brennerkapsel ist dann durch einen Querboden abgeteilt, so daß das Füllrohr nur mit dem unteren Teile dieser Kapsel in Verbindung steht. Abb. 2 zeigt eine solche Kranzlampe mit Füllung von unten durch die Füllschraube *g*. Ist diese Lampe vollständig

Digitized by Google

gefüllt, so ist im Ölgefäße, im linksseitigen Verbindungsrohr *v* und in der Kapsel bis über die Mündung des Rohres Öl vorhanden. Ein Überfließen des Öles in der Brennerkapsel durch Nachfließen aus dem Ölgefäße wird durch den Luftdruck verhindert. Sowie jedoch nach Anzünden des in die Kapsel eingezogenen Flachdochtes das über der Rohrmündung befindliche Öl verzehrt ist, steigt eine Luftblase durch das Rohr in das Ölgefäß und eine gleiche Menge Öl fließt in die Brennerkapsel nach.

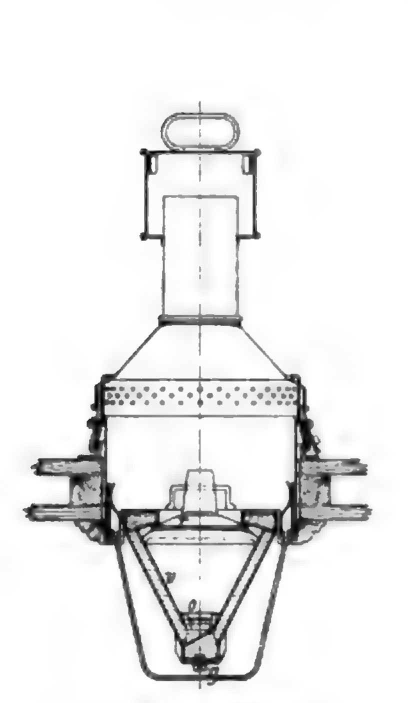


Abb. 2. Kranzlampe.

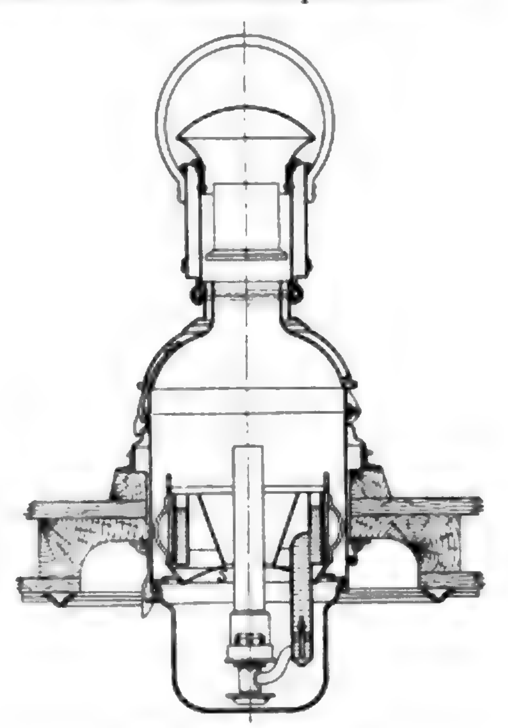


Abb. 3. Argandlampe.

Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis alles Öl ausgeflossen und verbrannt ist. Ein Überfließen des Öles kann jedoch dann eintreten, wenn die in dem Ölgefäße befindliche Luft durch die Flamme erwärmt wird. Um dies zu verhindern, wird das Ölgefäß durch einen Reflektor *r* in der Weise gedeckt, daß zwischen Ölgefäß und Reflektor frische Luft durchströmen kann.

Der für solche Lampen verwendete Flachdocht ist 20 bis 30 mm breit. Das Ölgefäß faßt zwischen 0·26 bis 0·3 kg Öl, welches für eine 24 bis 25stündige Brenndauer ausreicht.

Diese Lampen bedürfen keines Zylinders. Sie brennen bei vollkommen luftdichtem Ölgefäße ziemlich gut und gleichmäßig. Ihre Leuchtkraft schwankt zwischen zwei bis vier Normalkerzen. Für die Flammenstunde werden 10 bis 22 g Öl verbraucht.

Die Argandlampen mit Runddocht und Glaszylinder geben ein bedeutend besseres Licht, als die Lampen mit Flachbrenner, erfordern aber eine aufmerksame Bedienung und ein besseres Brennöl. Abb. 3 stellt eine solche Lampe dar. Die Lampe ist, abgesehen von dem Runddochtbrenner, ganz ähnlich konstruiert wie die Kranzlampe. Das Einstellen der Flamme geschieht mit einer gewöhnlichen Dochtwinde mit Griffscheibe. Ist keine nach innen zu öffnende Glasglocke vorgesehen, so muß das Einstellen der

Flamme von außen erfolgen, und wird dann noch ein Gestänge zur Dochtwinde eingeschaltet, dessen Griffrädchen bis nahe unter den Schornstein reicht. Die Einrichtung kann übrigens auch so getroffen werden, daß die Flammeneinstellung durch Drehen des Fassungsringes der Glasglocke erfolgt. Die Glasglocke wird vorteilhaft mit einem Strahlenspiegel *s* überdeckt, um so eine bessere Lichtverteilung zu erreichen.

Eine derartige Lampe faßt etwa 0·6 kg Öl, welches für eine Brenndauer von 16 Stunden ausreicht. Die entwickelte Lichtstärke der Argand-Lampen schwankt bei einem Dochtdurchmesser von 33 mm zwischen 3 bis 5 NK. Der Ölverbrauch beträgt für die Flammenstunde ungefähr 37 g.

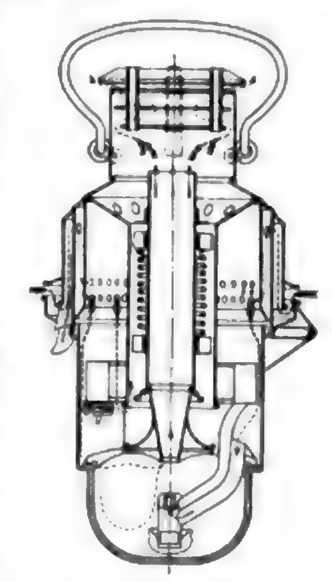


Abb. 4. Lampe von Lafaurie & Potel.

Auf den französischen Bahnen werden die Lampen System Lafaurie & Potel mit Vorliebe verwendet. Diese Lampen haben Rundbrenner, benötigen aber weder einen Zylinder, noch eine Einstellungsvorrichtung für den Docht. Das Ölgefäß ist auch hier (Abb. 4) ringförmig angeordnet. Der Hauptunterschied dieser Lampe gegenüber den Argand-Lampen besteht in der Konstruktion des Rauchabzugsrohres. Über dem Brenner befindet sich ein Reflektor mit einer kreisrunden Öffnung von dem gleichen Durchmesser wie die Brennerweite. Diese Öffnung bildet das untere Ende des anfänglich konisch erweiterten, dann aber zylindrisch nach aufwärts strebenden Rauchabzugsrohres, welches nahe an dem Rauchhute ausmündet. Dieses Abzugsrohr ist mit einem weiteren Rohre umgeben, um das Ölgefäß der Wärmeeinwirkung zu entziehen. Ein neben dem Ölzuflußrohr, von dem oberen Teil des Lampengehäuses bis zu dem unteren Teil des Brenners verlaufendes Rohr führt dem inneren Teile des Brenners (der Dochthülse) Luft zu. Der Brenner erhält von innen und außen Luft, indem die von außen einströmende Luft am Rande des Reflektors in den Raum der Glaskuppel eindringt und so den Docht von außen umspült.

Diese Lampen brennen mit ruhigem weißen Lichte und haben eine Leuchtkraft von 6 bis 7 NK. Der Ölverbrauch für die Flammenstunde beträgt zwischen 20 bis 30 g.

Die Reinigung und Füllung der Lampen wird auf bestimmten Bahnhöfen in abgesonderten Räumen (Lampisterien) besorgt. Die Arbeiten müssen mit großer Sorgfalt durchgeführt werden, da die Lampen sonst schlecht brennen. Auf je 50 bis 60 Lampen mit Flachbrennern und auf je 30 bis 40 Lampen mit Rundbrennern wird ein Lampenputzer gerechnet.

Die Beleuchtung mit Mineralölen findet trotz der geringen Kosten wegen der Feuergefährlichkeit auf europäischen Bahnen nur beschränkte Anwendung, dagegen hat sie sich in Amerika stark eingebürgert. Von europäischen Ländern, welche Petroleum zur Wagenbeleuchtung verwenden, seien nur England, Frankreich, Belgien und die Schweiz erwähnt. In Deutschland, Österreich und einigen anderen Staaten ist die Verwendung von Mineralölen zur Wagenbeleuchtung gesetzlich untersagt.

Man verwendet ein schweres, durch fraktionierte Destillation von Roh-

petroleum gewonnenes Öl, dessen Entflammungspunkt nicht unter 110° C liegt. Dieses als mineral sperm oil bezeichnete Produkt ist nicht wesentlich teurer als das gewöhnliche Petroleum. Die Lichtstärke bleibt jedoch die gleiche.

An das für die Wagenbeleuchtung zu verwendende Petroleum sind folgende Anforderungen zu stellen: 1. Die Farbe muß rein und wasserhell sein, da gelbliche Farbe auf bei der Destillation mitgerissene teerige Substanzen deutet, die den Docht bald unbrauchbar machen. 2. Das Petroleum soll nicht unter 110° C entflammbare Gase entwickeln und sich erst bei 150° C entzünden. 3. Das Aussehen darf nicht wolkig sein und auch nicht wolkig werden, wenn das Petroleum durch zehn Minuten einer Temperatur von 0° C ausgesetzt wird. 4. Das spezifische Gewicht soll 0·835 bis 0·816 gleich 38 bis 42° B bei 15° C betragen.

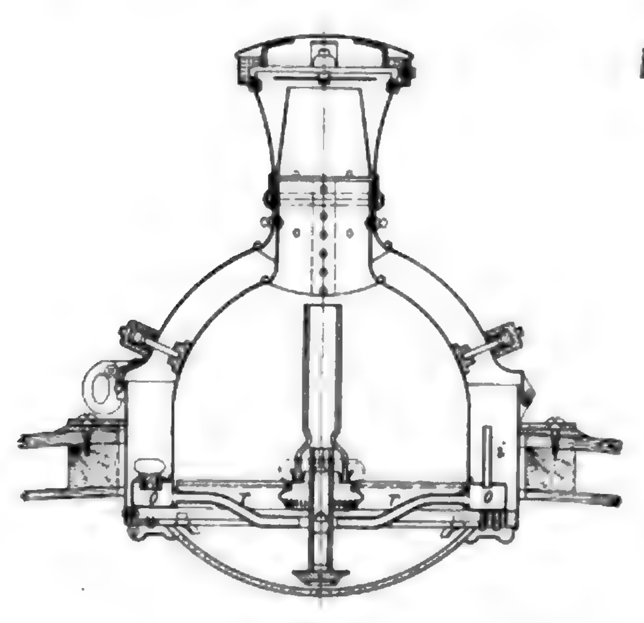


Abb. 5.
Petroleumlampe der Belgischen Staatsbahnen.

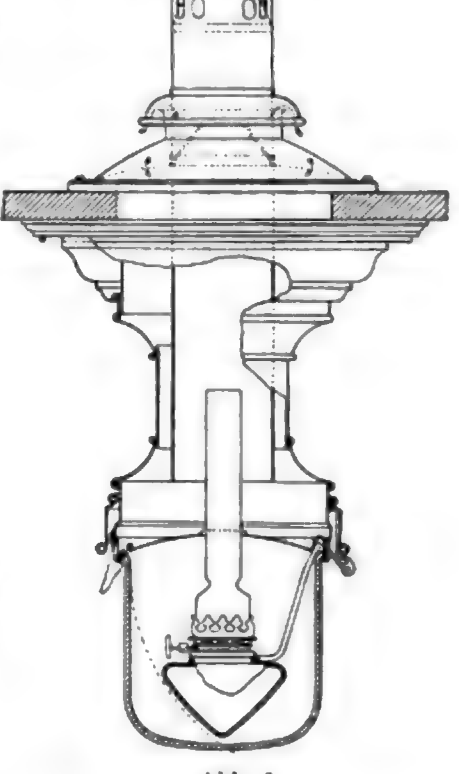


Abb. 6.
Petroleumlampe von Dr. Lepenow.

Die Lampenkonstruktion soll eine solche sein, daß der Ölbehälter so wenig als möglich erhitzt wird und die Flamme ruhig und rußfrei brennt. Die von den belgischen Staatsbahnen verwendete Lampe ist in Abb. 5 vorgeführt. Von dem ringförmigen Ölgefäße *O* führen zwei Rohre *r* zu dem mit einem Glaszylinder überdeckten Rundbrenner. Der Abstand zwischen Brenner und Ringgefäß ist genügend groß, um eine schädliche Erwärmung des Petroleums hintanzuhalten. Auf das Ölgefäß ist ein Sicherheitsröhrchen *i* aufgesetzt, welches ein Überfließen des Petroleums ausschließt, dessen Ausdehnung bei Erwärmung aber ermöglicht. Die Luftzufuhr erfolgt durch Öffnungen in der Blechfassung der Glasschale und durch ringförmige am Reflektor angebrachte Luftöffnungen, die eine Kühlung des Reflektors bewirken. Die Regelung und Bedienung der Lampe erfolgt vom Wagenabteil aus. Die Lampe brennt mit ruhiger,

weißer und rauchloser Flamme und soll vollkommen gefahrlos sein, so daß selbst Petroleum von niederer Entflammungstemperatur (30° C) verwendet werden kann. Die Lichtstärke beträgt 8 NK, der Petroleumverbrauch 35 g für die Flammenstunde.

Um die Gefährlichkeit des Petroleums herabzumindern, wird nach Dr. Lepenow schweres Petroleum mit einem Zusatze von Rüböl und Kampfer versetzt. Dieses als Sicherheitsöl bezeichnete Brennmaterial hat eine rötliche Farbe und ein spezifisches Gewicht von 0·84 (38° B). Es soll absolut gefahrlos sein. Die für dieses Sicherheitsöl verwendete Lampe (Abb. 6) zeichnet sich durch besonders gute Ventilation und ein kurzes Dochtrohr aus.

3. Die Beleuchtung mit Gas.

Gas kann, um den nötigen Gasvorrat zu erhalten, nur im verdichteten Zustande mitgeführt werden, ist den Brennern jedoch nur unter herabgemindertem, für die Beleuchtung geeignetem Drucke zuzuführen. Das gewöhnliche Steinkohlengas, unter hohem Druck verdichtet und dann wieder auf den Verbrennungsdruck gebracht, verliert jedoch bedeutend an Leuchtkraft, und eignet sich somit für die in Rede stehenden Zwecke nicht. Man mußte daher zu einem Gase greifen, welches an und für sich von hoher Leuchtkraft unter Druck wenig oder nichts an Leuchtkraft verliert und keine Kondensationsprodukte zurückläßt.

Als für die Wagenbeleuchtung geeignete Gase erweisen sich karburiertes Steinkohlengas, Fett- oder Ölgas, Mischgas (ein Gemenge von Fett- und Azetylengas) und in neuerer Zeit auch reines Azetylengas.

a) Das Ölgas.

Die ersten gelungenen Versuche mit Ölgas wurden bereits im Jahre 1858 in England von Thompson und in Frankreich von der Société du gaz portatif in Paris ausgeführt, wobei sich der von Boquillon konstruierte Druckregulator bestens bewährte. Spätere Versuche von Camberlain (1863) in Belgien führten bereits zu einem greifbaren Ergebnisse, indem diese Beleuchtung für die Züge der Mont-Cenisbahn angenommen wurde. Es befand sich hierbei der Gasbehälter, sowie der Druckregulator im Gepäckwagen und wurde das Gas durch Schlauchverbindungen den einzelnen Wagen zugeführt. Weniger günstige Erfolge erzielte Riedinger in Augsburg, dem es in Deutschland nicht gelang, die Ölgasbeleuchtung einzuführen. Erst Pintsch in Berlin war es (1867) vorbehalten, mit der Ölgasbeleuchtung durchzudringen, indem diese auf der damaligen Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zur Einführung gelangte. Von diesem Zeitpunkte an beginnt der Siegeszug der Ölgasbeleuchtung über die ganze Welt, vorerst nur langsam, dann aber sich immer mehr und mehr verbreitend, so daß jetzt über 150000 Wagen mit dieser Beleuchtung im Betriebe stehen.

Für die Erzeugung des Ölgases werden Schieferöle, Braunkohlenteeröle, das Petroleum und seine Derivate verwendet. Die Vergasung dieser Öle geschieht in Retorten aus Gußeisen oder Gußstahl. Chamotteretorten erweisen sich als ungeeignet. Bei den Retorten unterscheidet man ohne Rücksicht auf deren Lage im Ofen, ob wagerecht, stehend oder geneigt,

solche, bei welchen sich die Vergasung der Öle im wesentlichen im Retortenraum selbst, durch die strahlende Wärme vollzieht und solche, an welchen sich dieser Vorgang hauptsächlich an den erhitzten Retortenflächen abspielt. Für den ersten Fall gibt die von Young und Bell für den Peeples-Ölgasprozeß konstruierte Retorte das beste Beispiel. Die zylindrische Retorte hat bei einer Länge von 2·74 m einen Durchmesser von 68·5 cm. Bei den schmalen Retortenformen von Schuhmann und Köhler werden dagegen die Öldämpfe fast nur an den erhitzten Retortenwänden vergast.

Vereint treten beide Vorgänge bei den Retorten von Pintsch, Hirzel und anderen auf. Die Erzeugung des Ölgases spielt sich bei allen Einrichtungen wie folgt ab: In allen Retorten wird das Öl zuerst verdampft und sodann vergast. Das Gas entweicht aus den Retorten in die Vorlage, wo es unter Ölgasteer oder Wasser austritt und hierbei schon einen Teil seiner kondensierbaren Bestandteile zurückläßt. Sodann geht es zum weiteren Ausscheiden der Teerdämpfe durch einen Kondensator, dann durch einen Wäscher, dessen Aufgabe es ist, den Kondensator zu unterstützen, der aber vielfach auch weggelassen wird. Von dem Wäscher geht es durch den Reiniger, der mit der gewöhnlichen Reinigungsmasse gefüllt ist, um von etwa vorhandenem Schwefelwasserstoff befreit zu werden und tritt von da in den Gasbehälter ein. Einer Reinigung von Kohlensäure und Ammoniak bedarf es bei dem Ölgase nicht. Ebensowenig ist ein Exhaustor nötig, da das Gas durch den eigenen Druck getrieben die Apparate durchstreicht. Die Temperaturen, welchen die Retorten ausgesetzt werden, schwanken zwischen 800 und 1000° C. Bei dem Peeples-Prozeß soll diese Temperatur nur zwischen 500 und 600° betragen. Der Betrieb der Ölgasanstalten ist sehr einfach und arbeiten die Anlagen bei sachgemäßer Leitung sehr gut. Die Farbe der erhitzten Retorten gibt den Zeitpunkt an, zu welchem das Öl eingelassen werden kann. An der gelben oder hellbraunen Farbe des Gases erkennt man, ob sich der Vergasungsprozeß ordnungsgemäß abspielt. Bei größeren Betrieben läßt man noch zur Kontrolle laufend photometrische Messungen des erzeugten Gases durchführen. Die erzeugte Gasmenge hängt ebenso wie die Qualität des erzeugten Gases vielfach von der Beschaffenheit des verwendeten Rohproduktes ab. Bei einem guten Verlaufe der Vergasung, wobei ein Druck von 40 bis 80 mm Wassersäule in den Apparaten herrscht, rechnet man im Durchschnitt auf eine Erzeugung von 50 bis 60 cbm Gas aus 100 kg Rohöl, das eine Leuchtkraft von 11 bis 12 NK besitzt.

Steigt die Ausbeute, so vermindert sich die Leuchtkraft und umgekehrt, da zwischen beiden eine innige Wechselbeziehung besteht.

Bei dem Vergasungsprozeß in der Retorte werden die Öldämpfe vorerst durch die strahlende Wärme in niedrig siedende und gasförmige Fettkohlenwasserstoffe verwandelt, wogegen bei deren Berührung mit den erhitzten Retortenwänden, durch die Zersetzung der Kohlenwasserstoffe des Öles mehr aromatische Stoffe entstehen. Im ersteren Falle werden die Öldämpfe zunächst in einfach gesättigte Kohlenwasserstoffe und die gasförmigen Olefine, wie Äthylen, Propylen und auch Azetylen umgewandelt. Späterhin zersetzen sich die Kohlenwasserstoffe noch weiter in eine Reihe von Olefinen und Methan. Der Gehalt an Olefinen im Gase ist es hauptsächlich, welcher die dauernde Leuchtkraft bedingt und soll daher mög-

Digitized by Google

lichst groß sein. Durch die Oberflächenberührung des gasförmigen Öles mit den Retortenwänden entstehen neben Benzol, das sich aus dem Zusammentreten von drei Azetylenmolekülen bildet, noch andere aromatische Körper wie Tuluol und Cumol, auch bildet sich Naphthalin, das sich dann im Teer abscheidet. Diese aromatischen Verbindungen würden dem Ölgas gleichfalls eine hohe Leuchtkraft verleihen, wenn nicht die Lösungsfähigkeit des Ölgases für diese Stoffe eine so geringe wäre, daß sich diese beim Abkühlen und noch mehr beim Verdichten abscheiden und dadurch die Leuchtkraft schwächen. Um diese Kohlenwasserstoffe im dampfförmigen Zustande zu erhalten, müßte man ihnen ein Verdünnungsmittel wie Luft, Sauerstoff oder Wassergas zusetzen.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Ölgases mit einer Leuchtkraft von 10 bis 12 NK ist aus Nachstehendem zu entnehmen, wobei zum Vergleiche auch die Zusammensetzung des Steinkohlengases angegeben ist.

	Ölgas %	Steinkohlengas %
Kohlensäure	1·0	1·5
Sauerstoff	0·5	1·4
Schwere Kohlenwasserstoffe	33·0	3·0
Kohlenoxyd	2·5	8·0
Wasserstoff	15·0	48·7
Methan	46·0	33·4
Stickstoff	2·0	4·0

Es erklärt sich schon aus dieser Zusammensetzung, daß die Leuchtkraft des Ölgases drei- bis viermal größer ist, als die des Steinkohlengases. Der Heizwert des Ölgases schwankt zwischen 10000 bis 12000 Wärmeeinheiten. Je größer die Vergasungstemperatur ist, desto geringer wird nach dem Vorhergehenden der Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen und an Methan, und desto geringer auch die Leuchtkraft des Gases sein. Dagegen vergrößert sich der Gehalt an Wasserstoff. Versuche erwiesen, daß bei höherer Temperatur erzeugte Ölgase verhältnismäßig sehr arm, bei niedrigen Temperaturen erzeugte dagegen reich an schweren Kohlenwasserstoffen sind. Dagegen steigt die Gasausbeute bei höheren Temperaturen um ein Beträchtliches.

Hieraus ergibt sich, daß ein forcierter Betrieb der Ölgasanstalten, um in gegebener Zeit eine größere Menge Gas zu erzeugen, nur auf Grund einer Einbuße an der Qualität möglich ist.

Sind in dem Rohprodukte größere Mengen sauerer Körper, namentlich Kreosot, enthalten, so schwächt sich der Gaswert des Öles ab. Geringere Mengen sind dagegen ohne wesentlichen Einfluß. Unter den Einkaufsbedingungen findet sich daher immer die Feststellung, daß der Kreosotgehalt des Rohöles 4% nicht übersteigen darf. Unangenehmer wirkt der Gehalt an Schwefel in den Gasölen, da es bisher noch nicht gelungen ist, den Schwefel aus dem Rohprodukt selbst zu entfernen. Von dem Schwefelgehalt des Öles, der zwischen 0·5 bis $1·5\%$ schwankt, geht etwa ein Viertel in das Rohgas über, während der Rest im Ölgasteer und in dem Koks verbleibt. Je nach der Höhe der Vergasungstemperatur überwiegt der Schwefelgehalt des Teeres oder des Koks. Der Schwefel tritt in Form von Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff und geschwefelten Kohlen-

wasserstoffen auf. Der Schwefelwasserstoff wird von der Reinigungsmasse aufgenommen, während die anderen Schwefelverbindungen in dem gereinigten Gase verbleiben. Es sind in der Regel in dem Kubikmeter gereinigten Gases 0·25 bis 0·3 g Schwefel enthalten. Je höher die Vergasungstemperatur ist, desto mehr Schwefel wird sich im gereinigten Gase wiederfinden.

Bei jeder normalen Vergasung mit den in Österreich und Deutschland gebräuchlichen Apparaten werden 50 bis 60% des Öles in gasförmige Körper übergeführt, während annähernd 30% des Öles teils unverändert, teils als flüssige und feste aromatische Kohlenwasserstoffe in den sich kondensierenden Ölgasteer übergehen und 4 bis 6% als Koks in den Retorten und als Ruß in den Leitungen niederschlagen.

Aus dem durch das bisher übliche Betriebsverfahren erzeugten Ölgase werden, wenn es unter einem Drucke von 10 bis 12 at komprimiert wird, Kohlenwasserstoffe in flüssiger Form abgeschieden, wodurch ein Verlust an Leuchtkraft bis zu 25% entstehen kann. 100 cbm komprimiertes Gas liefern durchschnittlich 6 bis 8 kg solcher flüssiger Kohlenwasserstoffe. Dieses Kondensat enthält etwa 70% Benzol, 15% Tuluol, 5% höhere aromatische Homologe und 10% Homologe des Äthylens.

Bei dem nach der schottischen Industriestadt Peeples benannten Ölgasprozeß von Young und Bell erscheinen manche Nachteile des bisherigen Verfahrens beseitigt. Bei diesem Prozeß wird aus dem Gasöl nur Gas und fester Rückstand, aber kein Teer gewonnen. Dies wird durch fraktionierte Vergasung und das Waschen der aus der Retorte entweichenden flüchtigen Produkte durch das nach dem Gegenstromprinzipe einfließende Öl erreicht. Der Kondensator besteht hier in wesentlicher Abweichung von den gewöhnlichen Einrichtungen aus mehreren schwach geneigten Rohren, durch welche das zu vergasende Öl in entgegengesetzter Richtung zu den ausströmenden flüchtigen Produkten in die Retorte einfließt. Es wird hierdurch dem Umstand Rechnung getragen, daß die einzelnen bei verschiedenen Temperaturen siedenden Bestandteile eines jeden Öles auch verschiedene Vergasungstemperaturen erfordern. Die Vergasung findet in der Retorte bei einer niedrigen Temperatur statt, wodurch nur ein Teil des Öles durch die strahlende Wärme in Gas umgesetzt wird. Das Vergasungsprodukt wird, sobald es die Retorte verläßt, durch das zulaufende Öl gewaschen, wodurch alle dampfförmigen Kohlenwasserstoffe kondensiert werden und zur neuerlichen Vergasung in die Retorte zurückfließen, während das Gas entweicht. Es entstehen bei diesem Prozesse, da jeder Kohlenwasserstoff, der zu seiner Vergasung eine höhere als die in der Retorte herrschende Temperatur verlangt, fraktioniert vergast wird, nur wirklich gasförmige Körper und der bei jeder solchen Zersetzung sich bildende Koks. Die Koksmenge beträgt annähernd 25% des vergasten Öles, und gibt dieser beinahe aschenfreie und sehr dichte Koks ein wertvolles Brennmaterial ab. Das nach diesem Prozeß erzeugte Gas liefert weder in der Kälte noch durch Verdichten ein Kondensat, verliert daher durch das Verdichten entgegen dem nach anderen Prozessen erzeugten Ölgase nichts von seiner Leuchtkraft. Das Peeples-Ölgas verdankt seine Leuchtkraft ausschließlich dem Äthylen und seinen Homologen, sowie dem Azetylen. Die Ausbeute aus Ölgas nach dem Peeples-Verfahren beträgt 65 cbm für 100 kg Rohöl und hat dieses annähernd eine Leuchtkraft von 18 NK.

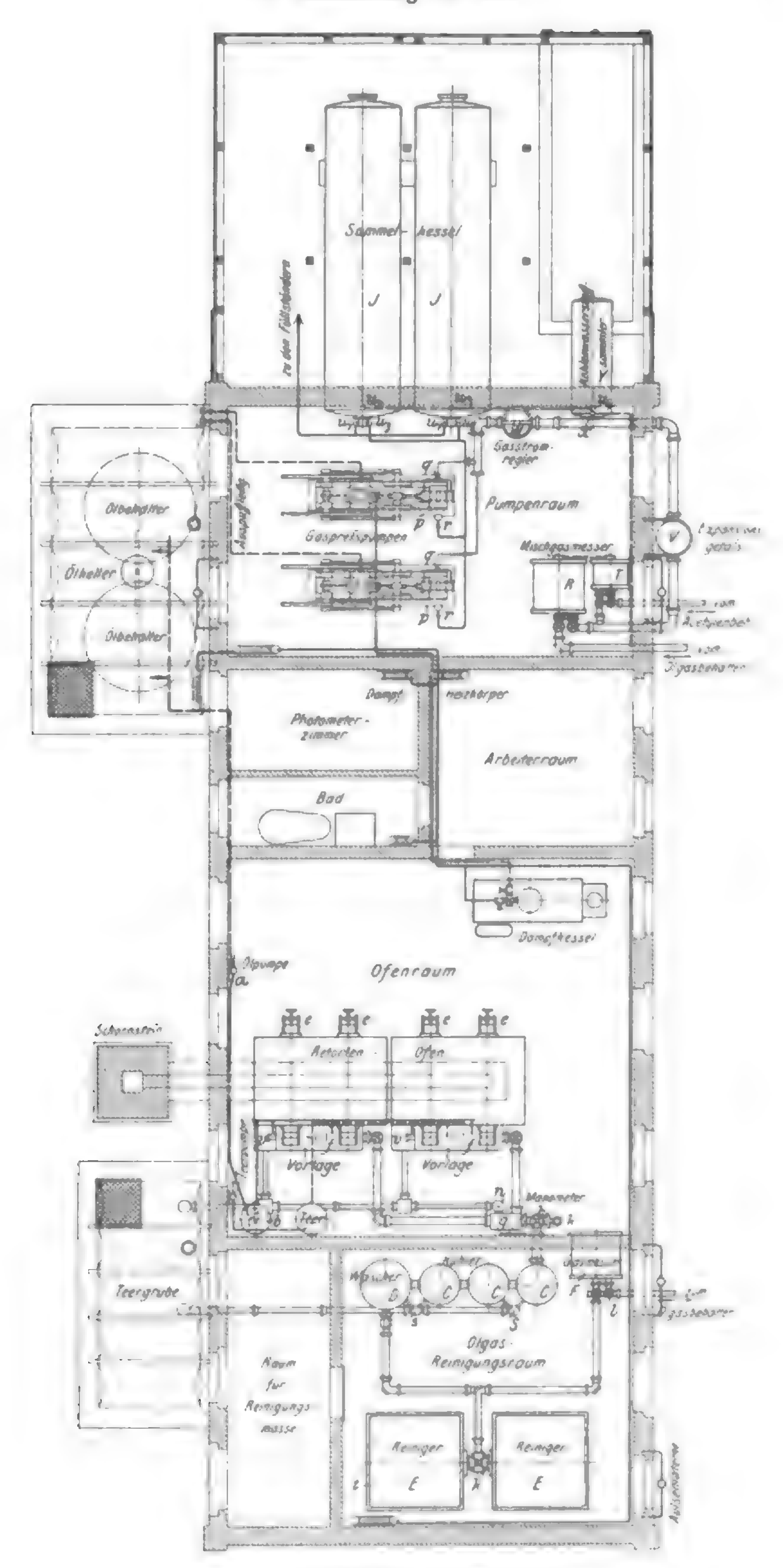


Abb. 7. Ölgasanlage, Grundriß.

Digitized by Google

Die Herstellung des Ölgases zerfällt in drei Hauptabteilungen und zwar: 1. Die Vergasung der Rohstoffe, 2. die Reinigung und 3. die Verdichtung des Gases. Alle drei Vorgänge können nebeneinander fortlaufend stattfinden, doch sind die Einrichtungen bei dem nachstehend zu beschreibenden Verfahren der Firma Julius Pintsch so getroffen, daß die Pressung des Gases unabhängig von der Erzeugung und Reinigung nach Bedürfnis zu geeigneten Zeitpunkten vorgenommen werden kann.

Die Anordnung der einzelnen verwendeten Vorrichtungen und deren Zusammenhang ist aus den Abb. 7 und 7a, die Einrichtung einer solchen Anstalt im Grundriß und im Schnitte darstellend, zu entnehmen. Die Vergasung des Rohstoffes findet im Ofenraum in den Retortenöfen statt. Es gehören immer zwei Retorten, die übereinander angeordnet und durch

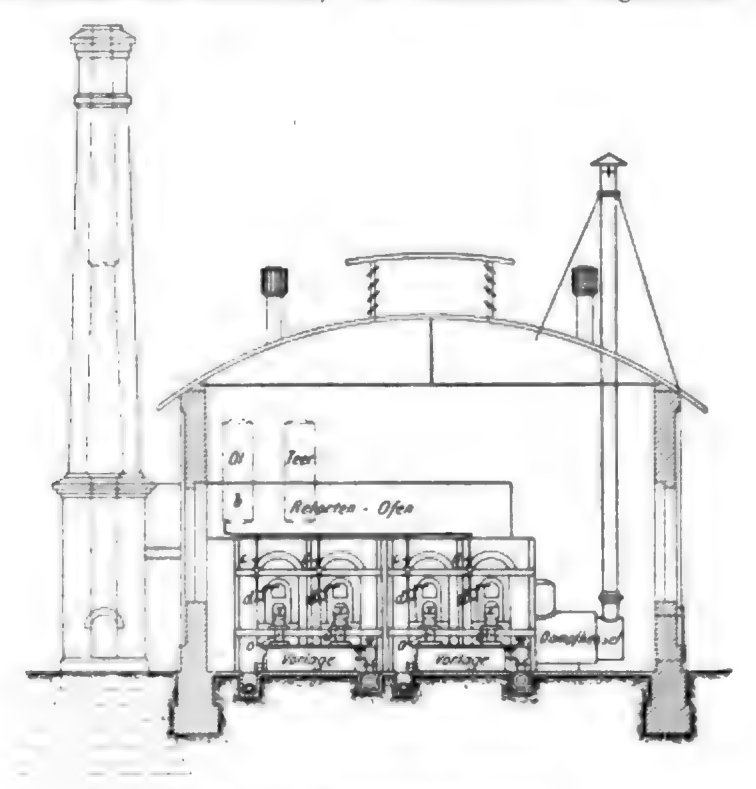


Abb. 7a. Ölgasanlage, Schnitt.

einen Doppelkopf *c* verbunden sind, zu einem Vergaser. Die Retorten sind aus Gußeisen und mit abschraubbaren Deckeln verschlossen. Das Rohöl fließt in die obere Retorte ein und wird dortselbst teilweise vergast und teilweise verdampft. Die abziehenden Gase bzw. Dämpfe durchstreichen die untere, einer höheren Temperatur ausgesetzte Retorte, in welcher die weitere Vergasung der dampfartigen Teile des Rohöles stattfindet.

Das flüssige Rohöl wird durch die Ölpumpe *a* aus den Ölbehältern im Keller in das auf einem Wandbrette befindliche Ölgefäß *b* gepumpt. Ein Schwimmer im Ölgefäß zeigt den jeweiligen Stand des darin befindlichen Öles an. Von diesem Gefäße gelangt das Öl durch ein Rohr zu den Retortenöfen, von wo es durch einzelne mit fein einstellbaren Hähnen *c* versehene Abzweigrohre in U-förmige Syphons und von hier in die obere der beiden Retorten fließt.

Das in den Retorten erzeugte Rohgas geht nun vorerst durch die schmiedeeiserne Vorlage *f*, zwischen deren doppelten Wandungen kaltes Wasser fließt. Durch die hier stattfindende Abkühlung des Gases scheiden sich die Teerdämpfe größtenteils aus, welche in den Teerkasten *g* und von diesem durch ein Stipprohr in den Stipptopf *n* und von da weiter in die Teergruben abfließen. Das Gas selbst geht von dem Teerkasten durch das Ventil *h* vorerst in die Kühler *C* und in den Wäscher *D*, ehe es in die Reiniger *E* übertritt. In den Kühlern wird der letzte Rest des Teeres abgegeben, welcher durch Stipprohre in die Stipptöpfe *s* und von diesen in die Teergrube abfließt. Der Wäscher *D* und die Reiniger *E* dienen dann der Reinigung des Gases, welches sodann durch die Gasuhr *F* in den der vorläufigen Aufbewahrung dienenden Ölgasbehälter (Gasometer) geleitet wird.

Vor Inbetriebsetzung einer Ölgasanlage wird die Vorlage *f* an den Retorten mit Wasser oder besser noch mit Teer bis zum Überlaufen aus dem am Teerkasten angebrachten Stipptopfe *n* angefüllt. Auch bei Betrieb soll Wasser oder Teer aus einem in entsprechender Höhe angebrachten Gefäße beständig in dünnem Strahle zufließen.

Sodann sind die Wasserverschlüsse der in dem Reinigerraum befindlichen Apparate durch Anfüllen der Tassen *t* der Reiniger bis zu zwei Drittel ihrer Höhe, und der an den Kühlern und Wäschern befindlichen Stipptöpfe ihrer ganzen Höhe nach mit Wasser herzustellen und die Ventile für den Kühlwasserzufluß der Vorlage zu öffnen.

Ebenso werden die Reiniger mit der vorher zubereiteten Reinigermasse angefüllt. Diese Masse besteht entweder aus zwei Raumteilen trocken gelöschtem Kalk und einem Raumteil Sägespäne oder Häcksel, oder in der Mehrzahl der Fälle aus Eisenoxydhydrat ($Fe_2\,O_4\,H_2$), welches nach der Benutzung durch Lagern an der Luft wieder verwendungsfähig wird und dadurch auf lange Zeit brauchbar bleibt. Diese Reinigungsmasse wird auf jede Horde etwa 150 mm hoch aufgeschüttet.

Für den Betrieb wird der Wechselhahn *k* so gestellt, daß das Gas durch beide Reiniger hindurchgeht und zuerst nur den mit älterer, teilweise schon verunreinigter Masse versehenen durchstreicht, ehe er in den mit frischerer Masse versehenen eintritt.

Unter dem trockenen Wechselhahn *k* befindet sich ein Wassertopf, der immer mit Wasser oder Teer angefüllt sein muß. In die Gasuhr ist durch die vorgesehene Öffnung so lange Wasser einzugießen, bis es die am Vorderboden angebrachte Marke erreicht.

Die Gläser auf dem Manometerbrett sind ebenfalls bis zum Nullpunkte der Skalen mit Wasser zu füllen. Diese Gläser sind einzeln mit den Apparaten in der Anstalt verbunden und auch entsprechend bezeichnet. Jede Störung in einem Apparate wird von dem entsprechenden Manometerglase angezeigt.

Das Gasbehälterbassin ist so weit mit Wasser vollzulassen, bis es ungefähr 100 mm unter dem oberen Rande steht. Sind diese Vorbereitungen getroffen, so kann mit der Gaserzeugung begonnen werden.

Die Retorten werden so lange geheizt, bis sie im Inneren der Öfen rotglühend geworden sind. Die Schieber im Schornsteine müssen, sobald die Retorten schwach rotglühend geworden sind, so weit geschlossen werden, daß dem Brennstoffe gerade nur die zur Erhaltung des Feuers

Digitized by Google

notwendige Luftmenge zugeführt wird, damit die Retorten in fast unverändertem Wärmezustand verbleiben, was sich durch die zu beiden Seiten der Öfen angebrachten Schaulöcher leicht beurteilen läßt. Durch zu lebhaftes Feuer werden die Retorten bald unbrauchbar und können unter Umständen sogar abschmelzen. Auch büßt das erzeugte Gas durch zu hohe Temperatur an Güte ein.

Mit der Zuleitung des Öles in die oberen Retorten wird erst begonnen, wenn die Retorten rotglühend sind. Vorher werden jedoch das Ventil *h* am Zuführungsrohr zum Kühler, das Ein- und Ausgangsventil *l* an der Gasuhr, sowie sämtliche Hähne am Manometerbrett geöffnet. Die Feinstellhähne *c* an den Einlaufrohren werden dann so weit geöffnet, daß ein beständiger Ölzufluß in die Retorten stattfindet. Zur Ermittelung der vollkommenen und regelrechten Vergasung öffnet man den bei *o* angebrachten Hahn und beobachtet das ausströmende Gas. Hat das Gas eine hellbraune Farbe, so vollzieht sich die Vergasung regelrecht. Ist das Gas weiß, so ist der Ölzufluß zu stark und muß vermindert werden, oder es sind auch die Retorten mehr zu erhitzen. Bei dunkelbrauner Farbe und Auftreten von Rußflocken ist die Ölzufuhr zu verstärken oder die Hitze der Retorten herabzumindern.

Diese Gasprobe wird mindestens jede halbe Stunde wiederholt und je nach dem Aussehen des Gases die Ölzufuhr geregelt oder belassen.

Auch die Beschaffenheit des abfließenden Teeres bildet ein Merkmal für die richtige Vergasung. Er muß bei *n* tiefschwarz, aber nicht zu dickflüssig sein. Enthält der Teer nicht vergastes Öl, so ist er sehr dünnflüssig und hinterläßt ein Tropfen dieses Teeres auf einem weißen, nicht zu stark geleimten Blatt Papier einen durchsichtigen fetten Rand um den entstandenen Teerfleck. Der Ölzufluß ist dann zu stark.

Auch die im Retortenraume ständig brennende Gasflamme bietet ein Mittel zur Beurteilung des Vergasungsprozesses. Brennt diese Flamme hell, so ist die Vergasung regelrecht. Rußt sie dagegen und zeigt sie eine rötliche matte Farbe, so ist der Ölzufluß zu stark. Bei kleiner schwach leuchtender Flamme muß den Retorten mehr Öl zugeführt werden.

Zu heiße Retorten führen bei ungenügendem Ölzufluß eine Verstopfung durch Ruß herbei. Es ist in diesem Falle der Öleinlauf abzusperren und der Ruß zu entfernen.

Zum Löschen von etwa in Brand geratenem Öl oder Teer darf nur Sand und niemals Wasser verwendet werden. Ein Sandhaufen hat im Ofenraume immer bereit zu liegen.

Verstopfte Retorten, Absteigerohre oder Vorlagen werden wie folgt gereinigt: Nach Schließen des Ventils *h* wird der Deckel *x* der unteren Retorte gelockert und das etwa der Retorte, dem Absteigerohr oder der Vorlage entströmende Gas vorsichtig entzündet. Erst dann wird der Deckel losgenommen und mit einer Eisenstange aller Teer, Ruß usw. aus der Retorte und aus der Vorlage entfernt. Hierauf werden die Öffnungen wieder gut verschlossen und das Ventil *h* geöffnet.

Wird infolge plötzlicher Dampfentwicklung, durch zu reichlichen Wassergehalt der Vergasungsstoffe, Wasser aus den Stipptöpfen *n* und *s* und den Tassen *t* teilweise herausgeworfen, so ist das Fehlende durch Nachfüllen sofort wieder zu ersetzen. Um dieses Hinauswerfen von Wasser aus den Stipptöpfen und Tassen möglichst hintan zu halten, dient der

Sicherheitstopf *K*, welcher so hoch mit Wasser gefüllt ist, daß bei regelrechtem Betriebe kein Gas durch diesen nach dem Abgangsrohre entweichen kann.

Der Reinigungsraum, in welchem durch das zeitweilige Öffnen der Reiniger und der Apparate häufig kleine Mengen Gas austreten, darf nie mit Licht betreten werden, ferner ist in diesem Raume das Rauchen, das Anzünden von Streichhölzern, sowie die Benutzung sonstiger Feuerzeuge strengstens zu verbieten. Dieser Raum ist durch außerhalb der Fenster angebrachte Sicherheitslaternen zu beleuchten.

Bei Beendigung der Gaserzeugung wird vorerst der Ölzufluß durch Schließen der an den Feinstellhähnen befindlichen Hahnküken abgestellt und sodann der Gang der Gasuhr so lange beobachtet, bis der Zeiger stillsteht, sich also kein Gas mehr entwickelt. Hierauf werden die an den Absteigerohren befindlichen Hähne *o* geöffnet, die Ventile *h* und *l*, sowie die oberen Hähne des Manometerbrettes geschlossen.

Der in der wassergefüllten Vorlage befindliche Teer darf nicht zu dickflüssig werden, was sich durch teilweises Öffnen des an der Vorlage angebrachten Hahnes *v* leicht feststellen läßt. Ist der Teer dünnflüssig, so kann er in der Vorlage verbleiben, ist er dagegen dickflüssig, so muß er abgelassen und die Vorlage durch die an ihr angebrachten Reinigungslöcher gereinigt und alles so vorbereitet werden, daß mit der Gaserzeugung sofort wieder begonnen werden kann.

Die Reiniger sind von Zeit zu Zeit mit frischer Masse zu versehen, und der Wäscher ist, sofern nicht ein ständiger Wasserdurchfluß stattfindet, häufig mit frischem Wasser anzufüllen.

Um das Benzol aus dem Ölgase zu entfernen, werden die Wäscher vielfach mit Gasöl bzw. Petroleum gefüllt. Das aus den Wäschern abfließende Petroleum wird wieder den Ölgefäßen zugeführt, um in den Retorten zur Vergasung zu gelangen. Dieses Waschen des Ölgases mit Petroleum empfiehlt sich überall dort, wo gutes Rohöl nicht genügend ausgegast wird, weil sonst das aus Ölgas und Azetylen bestehende Mischgas leicht zur Verrußung der Brenner Anlaß gibt.

1 kg Petroleum nimmt das Benzol von annähernd 8 cbm Ölgas auf und ist nach Durchgang dieser Menge als erschöpft zu betrachten. Da ein Wäscher je nach der Größe 250 oder 360 kg Petroleum aufnimmt, können 2000 bis 3000 cbm Gas mit einer Füllung gewaschen werden, dann ist die Füllung zu erneuern.

Zur gleichmäßigen Befreiung des Ölgases von Benzol ist hin und wieder ein Teil der noch nicht erschöpften Waschflüssigkeit durch frisches Petroleum zu ersetzen, oder das Petroleum dem Wäscher in einem möglichst dünnen Strahle beständig zu- und die verbrauchte Flüssigkeit in gleicher Menge aus dem Wäscher abfließen zu lassen.

Die Reinigungsmasse aus Kalk nimmt je nach der Beschaffenheit des Rohöles in längerer oder kürzerer Zeit eine schmutzig grüne Farbe an und läßt sich bei einiger Übung aus der Farbe leicht ein Urteil über den Grad der Verunreinigung und über die Notwendigkeit des Ersatzes der Reinigungsmasse bilden. Zu diesem Zwecke wird der am längsten im Betriebe befindliche Reiniger von Zeit zu Zeit geöffnet.

Auf den Deckeln der Reiniger befinden sich Hähne, durch welche man das Gas ausströmen lassen kann. Man hält zur Prüfung des Gases

Digitized by Google

über den geöffneten Hahn ein weißes mit Bleizucker befeuchtetes Papier. Bleibt die nasse Stelle ungefärbt, so ist das Gas rein und die Reinigungsmasse noch gut. Färbt sich dagegen die nasse Stelle dunkelbraun oder gar schwarz, so ist der Reiniger sofort auszuschalten und mit frischer Masse zu füllen. Bei der Reinigung des Gases mit Eisenoxydhydrat entscheidet über die Güte der Reinigungsmasse nicht das Aussehen, sondern bloß die Bleizuckerprobe. Das Schwarzfärben des Bleizuckers deutet darauf hin, daß das Gas noch Schwefelwasserstoff enthält. Da Schwefelwasserstoff die Leuchtkraft des Gases wesentlich beeinträchtigt und auch auf die Rohrleitungen einen ungünstigen Einfluß ausübt, muß das zu liefernde Gas frei von Schwefelwasserstoff sein.

b) Das Mischgas.

Reines Azetylen läßt sich nicht unmittelbar verdichten. Um jedoch seine Leuchtkraft auszunützen, wird dieses Gas bis zu einem bestimmten Prozentsatze dem Ölgase beigemengt. Das so erhaltene Mischgas wird nunmehr an Stelle des reinen Ölgases vielfach verwendet.

Das Azetylen wird aus dem fabrikmäßig erzeugten Kalziumkarbid, einer Verbindung von Kohlenstoff und Kalzium (CaC_2) dargestellt. Kalziumkarbid wird aus gewöhnlichem Kalkstein (kohlensaurer Kalk, $CaCO_3$) und Kohle hergestellt, indem man ein inniges Gemenge dieser beiden Stoffe im elektrischen Ofen einer sehr hohen Temperatur aussetzt. Es entsteht hierbei Kalziumkarbid und Kohlenoxyd, welches gasförmig entweicht. Die Formel für den Vorgang ist:

$$CaO + 3\,C = CaC_2 + CO.$$

Der kohlensaure Kalk zersetzt sich nämlich vorerst in Kalziumoxyd (CaO) und Kohlensäure (CO_2), die sofort entweicht.

Bringt man Kalziumkarbid mit Wasser in Berührung, so tritt unter Volumzunahme und gleichzeitigem Zerfalle eine heftige Gasentwickelung ein, die so lange anhält, bis der letzte Tropfen Wassers verbraucht ist. Das entweichende Gas ist Azetylen und der Rückstand Kalkhydrat. Die Reaktion läßt sich folgendermaßen darstellen:

$$CaC_2 + 2\,H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Kalziumkarbid + Wasser = Azetylen + Kalziumhydroxyd.

Zur Zersetzung von 1000 g Kalziumkarbid sind 562 g Wasser erforderlich und werden hierbei 406 g Azetylen und 1156 g Kalziumhydroxyd erhalten. Demnach ergibt 1 kg reines Kalziumkarbid bei 760 mm Druck und 0° C 348·9 l Azetylen. Aus dem käuflichen Kalziumkarbid erhält man selten mehr als 320 l Azetylen. Für die Erzeugung von Azetylen in der Praxis nimmt man ungefähr das gleiche Gewicht an Wasser und Karbid.

Das Azetylen ist ein farbloses Gas von penetrantem knoblauchähnlichem Geruche und einem spezifischen Gewichte von 0·91. Es ist leicht in Wasser, noch mehr aber in Azeton löslich. Es entflammt sich bei etwa 480° C und findet die Verbrennung nach folgender Formel statt:

$$C_2H_2 + 5\,O = 2\,CO_2 + OH_2.$$

Bei einer Temperatur von 780° C zersetzt sich das Azetylen unter gleichzeitiger Explosion. Bei Mengung des Azetylens mit 20% Wasser-

stoff erhöht sich die Explosionstemperatur auf 1000° C. Gemenge von Azetylen und Luft explodieren bei 480° C oder wenn sie mit einem glühenden Körper in Berührung kommen. Ein Gemenge von Azetylen und Sauerstoff kann schon bei 2·8° C explodieren. Die Explosibilität des Azetylen hängt auch von dem Drucke ab, unter dem es steht. Azetylen unter 2 at Druck wird durch Berührung mit einem glühendem Körper nur in der nächsten Umgebung zersetzt und pflanzt sich diese Zersetzung nicht fort. Steigt der Druck jedoch über 2 at, so erfolgt bei Gegenwart eines glühenden Körpers sofort die Explosion der ganzen Azetylenmenge.

Azetylen brennt, wenn es technisch rein ist, mit absolut weißer Farbe und entwickelt durchschnittlich eine Normalkerze für je 0·7 l Gas. Die günstigsten Verhältnisse bieten Azetylengasflammen von 40 bis 60 Normalkerzen. Das Azetylen läßt sich bei + 1° C unter einem Drucke von 48 at flüssig machen. Bei 37° C ist schon ein Druck von 68 at notwendig. Über 37° C läßt sich Azetylen überhaupt nicht mehr verflüssigen. Das spezifische Gewicht des flüssigen Azetylens beträgt 0·45 und liefert 1 cbm Gas, 1·156 l flüssiges Azetylen.

Azetylen ist, selbst in verdichtetem Zustande durch Schlag oder Stoß nicht explodierbar, dagegen explodiert es unter Erwärmung heftig.

Azetylen in bestimmtem Verhältnisse mit Ölgas gemischt, bietet auch im verdichteten Zustande, wie die Versuche von Gerdes erweisen, keine Explosionsgefahr.

Das Azetylen zersetzt sich bei einer Temperatur von 780° C in seine Elemente Wasserstoff und Kohlenstoff und beträgt dabei die Wärmeentwickelung für das Gramm Molekül Azetylen = 26 g, 47·77 Kalorien. Die spezifische Wärme des Kohlenstoffes mit 0·46 und die des Wasserstoffes mit 2·4 bei gleichbleibendem Volumen angenommen, berechnet sich die bei der Zersetzung des Azetylens entstehende Wärme mit

$$\frac{47 \cdot 770}{2 \cdot 2 \cdot 4 + 21 : 0 \cdot 46} = 3016^\circ \text{ C.}$$

Hat das Gas demnach einen Anfangsdruck von 1 at, so berechnet sich hieraus eine Spannungszunahme von 12·05 at absolut. Beträgt der Anfangsdruck 10 at, so wird die Spannungszunahme sich auf 120·5 at erhöhen.

Durch Beimischung von 30 Volumprozenten Azetylen zu 70 Volumprozenten Ölgas, wird, wenn man die spezifische Wärme des Ölgases mit 0·4 annimmt und das spezifische Gewicht des Fettgases 0·75 und das spezifische Gewicht des Azetylens 0·91 beträgt, bei der Zersetzung dieses Gemisches eine Wärmesteigerung von

$$\frac{47 \cdot 770}{2 \cdot 24 + 24 \cdot 0 \cdot 46 + \frac{0 \cdot 75 \cdot 7}{09 \cdot 1 \cdot 3} 26 \cdot 0 \cdot 4} = 1330^\circ \text{ C}$$

erhalten und würde sich hieraus bei Annahme einer Anfangstemperatur von 273° und einem Überdruck von 7 at eine Drucksteigerung von

$$\frac{(273 + 2330)\, 7}{273} = 41 \text{ at ergeben.}$$

Diese Berechnung weist den einzuschlagenden Weg, um das Azetylengas ungefährlich zu machen. Die Endspannung des Azetylens nimmt,

wenn es mit Fettgas oder anderen Gasen gemischt wird, erheblich ab, weil die Zersetzungswärme des Azetylens die anderen Gase mit erwärmen muß. Die Temperatursteigerung wird daher erheblich niedriger als bei Azetylen allein, da sich die bei der Zersetzung des Azetylens frei werdende Wärme auf die beigemischten Gase verteilt.

Aus den praktisch durchgeführten Versuchen zeigte sich, daß die Verwendung eines Gemisches von 30% Azetylen mit 70% Steinkohlen- oder Fettgas für den Eisenbahnbetrieb keine größere Gefahr bringt als die Verwendung von Ölgas allein, weil die Temperatursteigerung niemals so groß sein kann, daß die Gasbehälter dadurch zertrümmert werden können. Diese Gasbehälter sind für einen viel stärkeren Druck gebaut und geprüft, als die Spannung im ungünstigsten Falle bei der Zersetzung der 30% Azetylenbeimischung betragen kann.

Eine Mengung von 50% Azetylen mit 50% Fettgas kann nur durch unmittelbare Erwärmung des Behälters auf 1000° C zur Explosion gebracht werden. Es würden also in einem solchen Falle weichgelötete Behälter, weil das Lot früher schmilzt, ehe die Zersetzungstemperatur erreicht ist, volle Sicherheit bieten.

Durch die Beimengung des Azetylens zum Ölgas wird dessen Leuchtkraft bedeutend erhöht, doch steigt die Helligkeit der Flamme nicht im gleichen Verhältnisse mit der zunehmenden Menge Azetylen in dem Gemische an.

Die Helligkeit der verschiedenen Mischungen im Brenner Nr. 40 der Firma Pintsch beträgt nach von Gerdes durchgeführten photometrischen Messungen als Mittel mehrerer Versuche:

Gasmischung Fettgas in %	Azetylen in %	Gasdruck in mm	Gasverbrauch pro Stunde in l	Hefnerkerzen	Gasverbr. pro Std. u. Hefnerk. in l	Verhältnis der Lichtstärke des Mischgases zum reinen Fettgas
100	0	15	33	6·7	4·92	—
90	10	15	33	12·6	2·61	1·88
80	20	16	33·5	20·2	1·65	3·01
70	30	15	33·5	19·4	1·87	2·89
60	40	15	33	21·9	1·5	3·26
50	50	16	35	24·1	1·45	3·59
70 Steinkohlengas	30	30	46—46·5	10·83—13	3·54—4·29	—

Die Beimischung von 25% Azetylen ist demnach die günstigste, da ein höherer Betrag an Azetylen die Leuchtkraft des Gasgemenges nicht mehr wesentlich erhöht. Nach anderen Erfahrungen soll sich eine Beimengung von 15% Azetylen am besten bewähren.

Die Erzeugung des Azetylens ist von der Erzeugung des Fettgases vollständig getrennt und erfolgt die Mischung der beiden Gasarten unmittelbar vor deren Verdichtung in zu diesem Zwecke besonders geschaffenen Mischuhren. Das Azetylen wird hierbei ebenfalls in besonderen Gasbehältern aufbewahrt.

Abb. 8 zeigt die Einrichtung einer Gasanstalt für die Erzeugung, Reinigung und Aufbewahrung des Azetylens nach dem Systeme Julius Pintsch im Grundriß.

Digitized by Google

Die Erzeugung des Azetylens aus dem Kalziumkarbid vollzieht sich in den im Entwicklerraum aufgestellten Azetylenentwicklern *M*, deren Anzahl so gewählt ist, daß einer davon bei vollem Betriebe der Anstalt

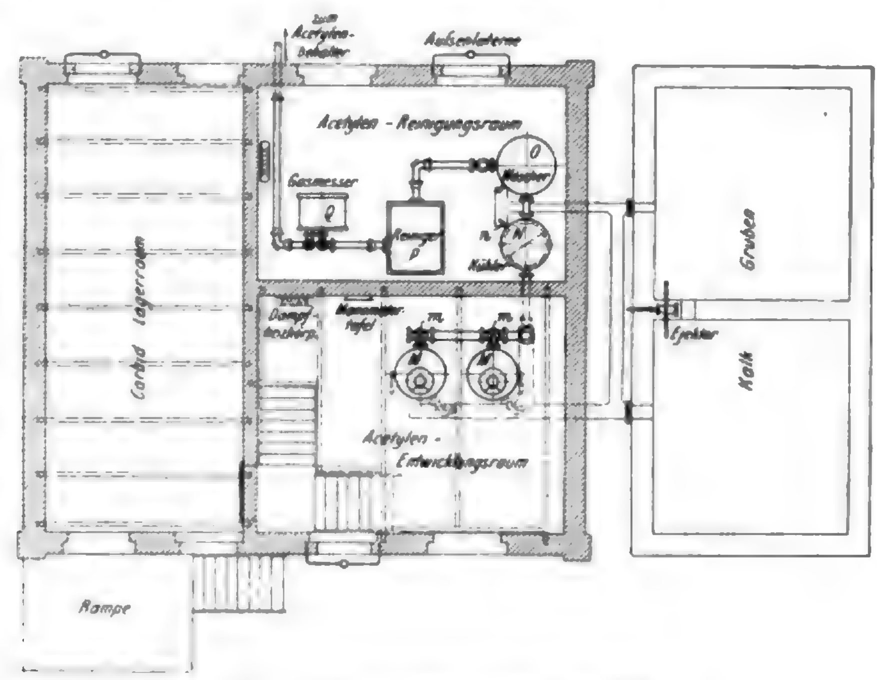


Abb. 8. Azetylengasanlage. Grundriß.

stets in Reserve bleibt. Die Entwickler (Abb. 9) haben außer einem Wasserverschluß noch einen zweiten mechanischen Verschluß, welcher aus den beiden miteinander verbundenen, um den Führungszapfen 3 drehbaren Karbidbehältern 1 und 2 besteht. Die Flanschen dieser Behälter sind dicht auf die Scheibe 4 und die diese beiden Behälter abdeckende Platte 5 aufgeschliffen. In der dargestellten Lage hat der Behälter 1 seinen Karbidinhalt soeben in das Einführungsrohr 6 entleert, während der Behälter 2 durch das in der Platte 5 befindliche Loch wieder gefüllt werden kann. Nach erfolgter Füllung von 2 werden die Karbidbehälter vermittels der Handgriffe 7 um 180° gedreht, wodurch 2 über 6 zu stehen kommt und sich dessen Inhalt entleert, während 1 von neuem beschickt wird. Über dieser mechanischen Einfüllvorrichtung ist oberhalb ein nach unten trichterförmig erweitertes Abzugsrohr angebracht, welches zum Dache hinausgeführt wird.

Das Karbid fällt unterhalb des Einführungsrohres auf ein Verteilungsblech und von diesem auf einen Rost. Dieser Rost ist drehbar, um die bei der Vergasung verbleibenden Rückstände in den unteren Teil des Entwicklers abwerfen zu können. Von dort werden bei den Entwicklern älterer Bauart die schlammartigen Bestandteile mittels eines Ablaßhahnes entfernt, wogegen etwaige feste Rückstände von Zeit zu Zeit nach Öffnen des Handloches beseitigt werden. Das Wasser läuft dem Entwickler ständig zu, und fließt das überschüssige Wasser durch einen Überlauf ab.

Bei den neueren Einrichtungen (Abb. 9) ist in den unteren Teil des Entwicklers ein besonderer trichterförmiger Teil 12 eingebaut, der den Kalkschlamm nach einem in der Mitte des Bodens befestigten Ablaß-

schieber 13 führt. Der Ausflußhals dieses Schiebers taucht in einen Wasserverschluß, so daß auch bei geöffneter Ablaßvorrichtung ein Eindringen der Luft unmöglich wird.

Auf dem Deckel des Apparates befindet sich ein Hahn 11, an welchen die Verbindungsleitung zum Gasbehälter anschließt. Für die Füllung sind möglichst gleichmäßige Stücke von Kalziumkarbid, deren Durchmesser nicht viel über 50 mm hinausgeht, zu verwenden. Karbidstaub ist zu vermeiden. Zu große Karbidstücke entwickeln, in das Wasser gebracht, unter Umständen so hohe Temperaturen, daß hierdurch ein Teil des sich bildenden Azetylens zerfällt, wodurch das Produkt minderwertig wird.

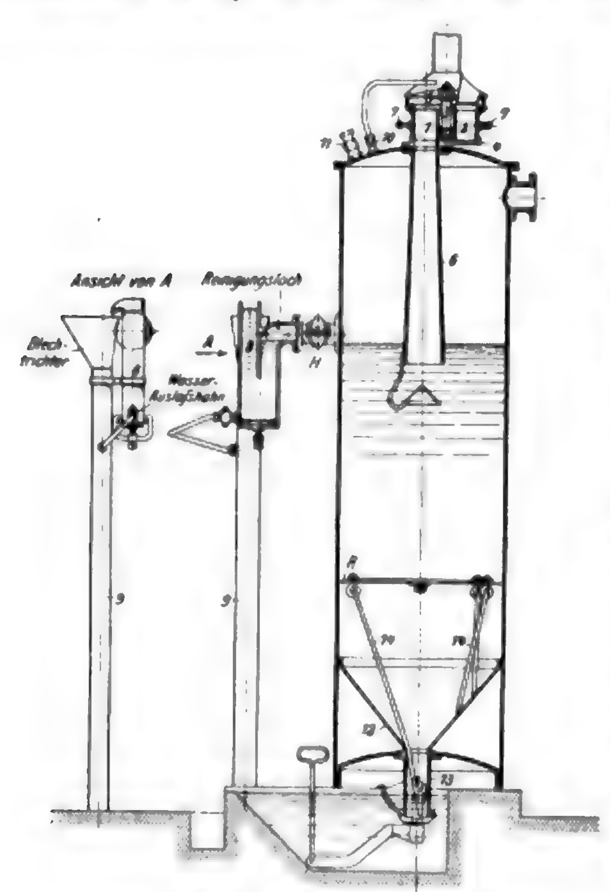


Abb. 9. Azetylenentwickler.

Das Einführungsrohr 6 taucht bei ordnungsgemäß ausreichender Wasserzuführung in das Wasser und bildet dadurch einen zweiten Verschluß. Das im Einführungsrohre erzeugte Azetylen drückt für gewöhnlich den Wasserspiegel im Tauchrohre herab und das Gas gelangt, wenn der Druck zu hoch ansteigt, in den eigentlichen Entwicklungsraum und von dort in den Gasbehälter.

Das aus dem Entwickler durch das Ventil *m* (Abb. 8) austretende Azetylen dringt zunächst in den Kühler *N*, um von dort, nach erfolgter Abkühlung, in den Wäscher *O* und den Reiniger *P* zu gelangen, von welch letzterem es über den Gasmesser *Q* in die Gasbehälterglocke geleitet wird. Die sich im Kühler absetzenden Niederschläge fließen durch den Ablauf *n* ab und werden zusammen mit den aus den Entwicklern und den anderen Apparaten herrührenden Abwässern in gemauerten Gruben gesammelt. In dem Wäscher und Reiniger vollzieht sich die vollständige Reinigung des Gases.

Vor Inbetriebsetzung einer solchen Azetylengasanstalt sind die Entwickler mit Wasser zu füllen, zu welchem Zwecke der am Entwicklermantel angebrachte Wasserhahn so lange ganz geöffnet bleibt, bis das Wasser aus dem Überlaufe 8 (Abb. 9) in den Blechtrichter und das Blechrohr 9 abzulaufen beginnt. Sodann ist der Hahn so weit abzudrehen, daß das Wasser nur noch in einem dünnen, höchstens fingerstarkem Strahl fließt. Während dieses Füllen des Entwicklers ist der auf dem Deckel angebrachte Lufthahn 10 offen zu halten, um die durch das Wasser verdrängte Luft entweichen zu lassen.

Um alle Luft auszutreiben, wird der Entwickler vollständig mit Wasser gefüllt. Der Hahn *H* des Überlaufrohres wird ebenso wie sämtliche übrigen Hähne mit Ausnahme des Wasserhahnes und des Lufthahnes 10, geschlossen. Fließt das Wasser aus dem Hahne 10 aus, so wird der Wasserzufluß abgestellt und dieser Hahn geschlossen. Es werden nunmehr einige Stücke Karbid in den Entwickler gebracht, wodurch das sich entwickelnde Azetylen bei geöffnetem Hahne *H* das Wasser bis zu der aus Abb. 9 ersichtlichen Marke senkt, worauf man das Wasser wieder in einem dünnen Strahle stetig zulaufen läßt. Ist der Entwickler ordnungsgemäß gefüllt, so wird der Wasserverschluß des von den Entwicklern zu dem Kühler gehenden Verbindungsrohres, sowie des Ablaufes vom Kühler hergestellt und der Wäscher so lange mit Wasser gefüllt, bis es am Syphon auszulaufen beginnt.

Die Tassen des Reinigers sind wie beim Reiniger in den Ölgasanlagen bis zu $^2/_3$ ihrer Höhe mit Wasser zu füllen und die Horden des Reinigers etwa 150 mm hoch mit Reinigungsmasse zu beschicken. Welche Art der Reinigungsmasse zu verwenden sein wird, läßt sich nur aus der Qualität des verwendeten Kalziumkarbides von Fall zu Fall bestimmen. Es muß vor allem dahin getrachtet werden, alle gasförmigen Schwefel- und Phosphorverbindungen, wie Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff, welche die Leuchtkraft beeinträchtigen, aus dem Azetylen vollkommen auszuscheiden.

Ebenso sind die Mischuhren und die Azetylenuhr durch das an jeder Uhr angebrachte Füllrohr genau bis zu der am Vorderboden angebrachten Marke und die Gläser am Manometerbrette bis zum Nullpunkte der Skalen mit Wasser zu füllen. Nachdem auch noch der zwischen den Pumpen und Mischuhren eingebaute Gasstromregler bis zu der seitlich angebrachten Wasserstandschraube mit Wasser gefüllt ist, kann mit der Gaserzeugung begonnen werden.

Bei etwa notwendig werdender Zerkleinerung des Karbides soll Staubentwicklung möglichst vermieden werden. Die mit dem Zerkleinern des Karbides beschäftigten Personen haben bei dieser Arbeit Respiratoren, Schutzbrillen und Handschuhe zu tragen.

Das Kalziumkarbid darf in die Entwickler nur in kleinen Mengen eingeführt werden, die durch den Rauminhalt der Kammern des drehbaren Schiebers bestimmt werden. Wie oft die Füllung dieser Kammern zu erfolgen hat, ergibt sich durch die Erfahrung im Betriebe selbst, der hiervon abhängige Druck im Entwickler soll 150 mm Wassersäule nicht überschreiten.

Bei Inbetriebsetzung einer neuen Anstalt, bei welcher die Gasbehälterglocken ihre tiefste Stellung haben, ist ein vorhergehendes Ausblasen der in den einzelnen Apparaten befindlichen Luft unbedingt erforderlich. Es wird der Gasbehälter ungefähr bis zur Hälfte mit Gas angefüllt und dann durch Öffnen des am Ausgang des Gasbehälters befindlichen Wassertopfstandrohres entleert. Dieses Ausblasen ist zwei- bis dreimal vorzunehmen und erst dann darf das Azetylen zur Mischung mit dem Ölgase verwendet werden.

Um bei dem täglichen Entfernen des Kalkschlammes aus dem unteren Teile des Entwicklers den Eintritt von Luft in den Entwickler zu verhüten, ist auf dem Deckel ein Hahn 11 angebracht, dessen Rohrleitung

mit dem Ausgange der Azetylen-Gasuhr verbunden ist. Wird nach vorherigem Schließen des Hahnes *H* der Schlammablaßhahn geöffnet, so beginnt das Wasser im Entwickler zu sinken. Der hierdurch frei werdende Raum im Entwickler wird sofort durch das aus dem Gasbehälter in den Entwickler übertretende Gas ausgefüllt. Ist genug Schlammwasser ausgeflossen, so wird der Ablaßhahn geschlossen und wieder reines Wasser in den Entwickler eintreten gelassen, bis es am Überlaufe, dessen Hahn *H* geöffnet wird, abzulaufen beginnt. Sodann wird der in die Rückflußleitung eingebaute Hahn 11 geschlossen und kann nunmehr der Betrieb weitergeführt werden.

Bei den älteren Entwicklern muß von Zeit zu Zeit das Handloch geöffnet werden, um etwaige Schlacken, die sich im Unterteile des Entwicklers gesammelt haben, zu entfernen. Für diesem Zweck wird das Gasauslaßventil und der Überlaufhahn geschlossen und der Wasserzuflußhahn sowie der Hahn des Wasserfüllrohres geöffnet. Das einströmende Wasser treibt das noch im Entwickler befindliche Gas in die Azetylenbehälterglocke, wodurch die Entstehung von Gasgemischen und unnötiger Gasverlust vermieden wird. Hat man sich überzeugt, daß der Behälter voll mit Wasser gefüllt und alles Gas hinausgedrückt ist, so wird der Hahn des Überlaufrohres und der Wasserhahn geschlossen. Es kann sodann, wenn der Verbindungshahn zwischen Entwickler und Gasglocke geöffnet ist, das Wasser vollständig aus dem Entwickler abgelassen werden und lassen sich nunmehr die festen Schlacken durch das Handloch entfernen.

Bei dem in Abb. 9 dargestellten Entwickler werden die Kalkrückstände ohne Öffnen des Handloches und ohne daß Luft in das Innere des Entwicklers eintritt, vollständig entleert. Es werden für die Durchführung dieser Arbeit zunächst durch Drehen des Rostes *R* die daran befestigten Stäbe 14 auf und ab bewegt, wodurch eine Auflockerung des Schlammes erfolgt und etwa im Schlamme befindliche, noch nicht vollständig zersetzte Karbidstücke mit dem Wasser neu in Berührung kommen und den Rest von Azetylen entwickeln. Hierauf werden sämtliche Hähne und Ventile am Entwickler mit Ausnahme von 11 geschlossen und der Ablaßschieber 13 geöffnet und das Wasser ganz oder teilweise ablaufen gelassen. Für die Neufüllung wird Schieber 13 geschlossen und der Wasserzufluß geöffnet, wodurch das in dem Entwickler befindliche Azetylen durch Hahn 11 in den Gasbehälter zurückgedrängt wird. Der Überlaufhahn wird bei diesem Vorgange geöffnet. Sobald am Überlauf 8 das Wasser abläuft, wird der Hahn 11 geschlossen und der Wasserzulauf genau geregelt. Es kann sodann der Betrieb wieder aufgenommen werden.

c) Anlagen für das Ansaugen und Pressen des Öl- bzw. Mischgases.

Das Ansaugen und Pressen des Mischgases besorgen die Gaspreßpumpen. Die Saugseite dieser Pumpen ist mit dem Ölgasbehälter bzw. bei Mischgas auch mit dem Azetylenbehälter verbunden. Die Ölgasglocke ist noch vor dem Betriebe so zu belasten, daß sie einen um 3 bis 5 mm höheren Druck gibt als die Azetylengasglocke hat. Die Pumpe saugt daher bei Mischgas gleichzeitig mit dem Ölgas eine bestimmte Menge Azetylen an.

Das Mischen beider Gasarten bei Mischgas geschieht durch die sogenannten Mischgasmesser *R* und *T* (Abb. 7). Der Einlauf des größeren

Gasmessers *R* ist mit dem Ölgasbehälter, jener des kleineren *T* mit dem Azetylenbehälter verbunden; die Ausläufe beider Uhren münden in ein gemeinsames zu den Preßpumpen führendes Rohr. Auf den durch den Vorderboden der Gasmesser ragenden Trommelwellen ist je ein Kettenrad aufgekeilt, dessen Zähnezahl aus dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis des Ölgases mit dem Azetylen und dem Inhalte der Gasmessertrommeln berechnet ist. Die Kettenräder werden durch eine Gallsche Gelenkkette verbunden, wodurch beim Gange der Pumpen die gegenseitig beeinflußten Gasmesser stets ein richtiges Mischungsverhältnis ergeben müssen. In die von den Mischuhren ausgehende Leitung ist noch ein Gasstromregler *W* eingeschaltet, welcher die Schläge, die die Saugwirkung der Pumpe auf das Füllwasser des Gasmessers ausübt, dämpft. Dem gleichen Zwecke dient auch das außerdem in die Leitung eingeschaltete Expansionsgefäß *V*.

Für das richtige Arbeiten des Expansionsgefäßes ist es notwendig, die an dessem unteren Ende befindliche Schraube zu öffnen, um die Niederschläge abzulassen. Verstopft sich das Gefäß im Winter durch Eiskristalle, so ist die am oberen Ende befindliche Schraube zu lösen und Spiritus in die Öffnung zu gießen.

Die Preßpumpen bestehen hauptsächlich aus dem Preßzylinder und dem Dampfzylinder, welche auf gemeinschaftlichem Untergestelle gelagert sind. Beim Betriebe der Pumpe gelangt das Gas zuerst aus den Mischuhren durch die Saugrohrleitung und die an der Unterseite des Preßzylinders angebrachten Saugventile in den Zylinder und wird von da durch die Druckventile in die Sammelkessel *J* hinüber gedrückt. In dem Preßzylinder bzw. in den Sammelkesseln *J* wird das Gas auf den zulässigen Höchstdruck von 10 at oder 10 kg für das qcm verdichtet. In der Regel kommen zwei Preßpumpen zur Verwendung, deren eine mit größerem Kolbendurchmesser und Kolbenhub das Gas in einen Sammelkessel mit nur 2·5 at Überdruck verdichtet, wogegen die zweite Pumpe das verdichtete Gas aus diesem Kessel aufsaugt, auf 10 at zusammenpreßt und in die eigentlichen Aufbewahrungskessel überführt.

Da sich der Preßzylinder der Pumpen bei der Verdichtung beträchtlich erwärmt, sind sowohl die Zylinder als auch die Deckel mit den Ventilen mit Mänteln zur Wasserkühlung umgeben.

Vor Ingangsetzung der Gaspreßpumpe muß das an diese angebrachte Ventil *q* und der Hahn an dem Manometer der Saugleitung geöffnet und nach Beendigung der Dichtung wieder geschlossen werden. Alle anderen Ventile bleiben immer geöffnet.

In den Sammelkesseln darf das Gas nur bis auf die zulässige Höchstgrenze gepreßt aufbewahrt werden und ist hierauf, wenn nicht an der Pumpe ein selbsttätig wirkendes Sicherheitsventil angebracht ist, strenge zu achten.

Der Betrieb der Preßpumpen erfolgt gewöhnlich mit Dampf, doch kann er auch durch eine andere Betriebskraft erfolgen. Macht sich durch schnelles oder plötzliches Ausschlagen des Zeigers an einem der Bourdonmanometer der Pumpen oder der Sammelkessel eine Störung bemerkbar, so ist die Betriebsmaschine sofort abzustellen und der Fehler zu beseitigen.

An den älteren Formen der Preßpumpen sind Sammelgefäße zur Aufnahme der sich etwa bildenden flüssigen Kohlenwasserstoffe angebracht,

welche mit Rückschlagventilen versehen sind, um ein Rückströmen des bereits verdichteten Gases in die Pumpen zu verhindern.

Von den Pumpen wird das Gas durch Rohrleitungen zu dem Ventil u_3 des an dem Sammelkessel mit Flanschen befestigten Sammelkopfes geleitet. Vorerst geht jedoch das Gas durch den unmittelbar an der Pumpe sitzenden Kühlzylinder *P*. Das Ventil u_3 ist ein Rückschlagventil. Mit dem Sammelkopf ist noch ein Niederschraubventil verbunden, welches zu schließen ist, wenn während des Betriebes der Rückschlagkegel des Ventiles u_3 versagen sollte, sonst aber immer offen bleiben muß, bis die Verdichtung des Gases beendet ist. Erst dann ist das Niederschraubventil zu schließen. Das an der tiefsten Stelle des Sammelkessels angebrachte Ventil u_2 dient dazu, den sich im Sammelkessel abscheidenden Kohlenwasserstoff abzulassen, zu welchem Zwecke dieses Ventil durch eine Rohrleitung mit dem Ventil u_4 des Kohlenwasserstoffsammlers *Y* verbunden ist. Dieser Kohlenwasserstoffsammler ist ein geschweifter Kessel, an dessen höchster Stelle zwei Ventile u_4 und x und an dessen tiefstem Punkte ein Ablaßventil angebracht sind. Das Ventil x steht durch eine Rohrleitung unmittelbar mit der Gasglocke in Verbindung. Der Inhalt des Kohlenwasserstoffsammlers wird in regelmäßigen Zeitabschnitten abgelassen, zu welchem Zwecke das Ventil u_4 geschlossen und das Ventil x geöffnet wird. Hierdurch wird das im Sammler *Y* befindliche noch unter Hochdruck stehende Gas in die Ölgasglocke zurückgeleitet. Dann wird das Ablaßventil geöffnet und es fließt nun der Kohlenwasserstoff in ruhigem Strahl in die daruntergerollten Fässer, da er nur unter gewöhnlichem Gasdruck (80 mm Wassersäule) austritt. Nach beendigtem Ablassen ist das Ventil x und das Ablaßventil zu schließen, das Ventil u_4 dagegen zu öffnen.

Bei dieser Einrichtung entfallen die früher erwähnten unmittelbar hinter den Pumpen angebrachten Sammelgefäße. Die Gasbehälter sind in der Regel schmiedeeiserne Zylinder die durch Vernietung und Verlötung bzw. auch Verschweißung an den Nähten gasdicht abgeschlossen sind. Diese Zylinder haben gewöhnlich eine Länge von 6 m und einen Durchmesser von 1·5 m und einen Fassungsraum von 10 bis 11 cbm, so daß sie, wenn das Gas auf 10 at verdichtet ist, 100 bis 110 cbm Gas aufnehmen können. Diese Kessel sind auf einen Druck von 30 at geprüft.

Durch das mit einem Manometer versehene Ventil u_1 wird die Verbindung des Sammelkessels mit der zumeist unterirdisch verlegten Füllleitung, behufs Abgabe von Gas in die Behälter der Wagen und der Lokomotiven, hergestellt. Diese Rohrleitung führt zu jenen Gleisen, auf welchen die für die Gasbeleuchtung eingerichteten Wagen zu füllen sind. Diese Leitungen enden in Fußständern, welche entweder in den Boden versenkt oder über diesen herausragend angebracht sind. Zum Füllen der Gasbehälter in den Wagen bzw. den Lokomotiven dienen 10 bis 20 m lange, an ihren Enden mit entsprechenden Metallschrauben verbundene Kautschukschläuche von entsprechender Stärke. Diese werden einerseits mit den Verschraubungen an den Füllständern, andrerseits mit dem Ventile des Wagengasbehälters verbunden. Nach Öffnen der Ventile strömt das Gas mit einem Drucke von 8 bis 10 at aus dem Sammelbehälter in den Wagenbehälter. An dem vorderen Mundstück der Kautschukleitung ist ein Manometer angebracht, welches den jeweiligen Druck bei der Füllung

im Wagenbehälter anzeigt. Die Wagenbehälter werden gewöhnlich bis auf 6 at Druck gefüllt.

Um die Wagen auch in Stationen, in welchen sich keine Ölgasanstalt befindet, füllen zu können, kommen eigene Gastransportkesselwagen zur Verwendung. Es sind dies Plattformwagen, auf welchen ein zylindrischer Gasbehälter von etwa 20 cbm Fassungsraum festgelagert ist. Dieser Gasbehälter wird ebenso wie die standfesten Gasbehälter mit Gas, welches auf 10 bis 12 at verdichtet ist, gefüllt. Diese Kesselwagen werden nun in die vorher bestimmten Füllstationen gesendet, in welchen die Füllung der Gasbehälter in den Wagen genau in der gleichen Weise, wie von den standfesten Stationen erfolgt.

d) Die Einrichtung der Wagen.

Jeder Wagen hat seine besondere Einrichtung. Diese Einrichtung besteht der Hauptsache nach aus folgenden Teilen: 1. Dem Gasbehälter mit den Füllhähnen; 2. der Hochdruckleitung mit einem Absperrhahn; 3. dem Druckregler, welcher die Aufgabe hat, den Gasdruck auf den für die Verbrennung günstigsten Druck (30 bis 80 mm Wassersäule) herabzumindern und auch, bei abnehmendem Drucke im Gasbehälter, stets gleichbleibend zu erhalten; 4. der Niederdruckleitung mit dem Haupthahn und 5. den Lampen, welchen das Gas von der Niederdruckleitung durch Zweigleitungen zugeführt wird.

Die Gasbehälter sind zylindrische Kessel aus Eisen- oder Stahlblech von 1.5 bis 3 m Länge und 0.4 bis 0.5 m Durchmesser. Die Nähte der Zylinder sind doppelt vernietet und verschweißt oder auch hart verlötet, die Böden dagegen sind verschraubt und gleichfalls verschweißt oder hart verlötet. Die Größe und Anzahl der Gasbehälter richtet sich nach der Anzahl der in dem Wagen vorhandenen Beleuchtungskörper, der Lichtstärke der einzelnen Flammen und der Brenndauer. Bei der reinen Ölgasbeleuchtung rechnet man bei einer Lichtstärke der Flammen von 7 NK in den Wagenabteilen und von 5 NK in den Vorräumen (Gänge, Aborte usw.) einen stündlichen Gasverbrauch von 22 bzw. 15 l und gibt den Gasbehältern je nach der Bestimmung der Wagen solche Abmessungen, daß sie für eine 16 bis 40stündige Brenndauer der Lampen Gas aufzunehmen vermögen.

Der Gesamtrauminhalt des Gasbehälters eines Wagens läßt sich aus der Beziehung

$$J = \frac{nct}{p}$$

ermitteln, worin J den Rauminhalt des Behälters in Liter, n die Anzahl der Flammen, c den Verbrauch einer Flamme in Liter für die Stunde, t die Brenndauer in Stunden und p den nutzbaren Gasdruck bezeichnet, welcher bei 6 at Füllung mit 5·7 at angenommen werden kann.

Für einen gewöhnlichen Ölgasbrenner mit 21 l stündlichem Gasverbrauch, 35stündiger Brenndauer und 5·7 at nutzbarem Gasdruck bei 6 at Füllspannung im Gasbehälter hat der Inhalt J 130 l für jede Gasflamme zu betragen.

Die Gasbehälter für eine effektive Betriebsspannung von 6 at werden für gewöhnlich mit einem Drucke von 11 bis 15 at erprobt. Die Blechstärke des zylindrischen Teiles dieser Behälter berechnet sich aus der Gleichung

$$d = \frac{D}{800}(0{\cdot}75p + 1) + 0.2 \text{ in Zentimeter,}$$

worin D den lichten Durchmesser in m, p die tatsächliche Betriebsspannung in at und d die Wandstärke in cm bedeutet. Hierbei ist eine Materialbeanspruchung von 800 kg für das qcm, ferner eine Zugabe von 2°/₀ für Korrosion angenommen und vorausgesetzt, daß die Erprobung mit der anderthalbfachen Betriebsspannung mehr 2 at erfolgt. Die Böden werden aus 1·5 bis 1·8 cm starken Blechen hergestellt.

Die Gasbehälter sind gewöhnlich am Untergestelle der Wagen mit eisernen an die Behälter angenieteten Bügeln befestigt und liegen je nach der Ausgestaltung der Untergestelle und der Anordnung der Bremse, entweder parallel oder senkrecht zur Gleisrichtung. Seltener werden sie über dem Wagendach angebracht und dies nur dann, wenn sich am Untergestell kein geeigneter Raum mehr vorfindet. Unterhalb der Langträgerflansche ist entweder nur an einer oder an beiden Seiten des Wagens ein Füllkopf, entweder mit dem Gasbehälter unmittelbar oder durch ein Rohr mit ihm verbunden, angebracht. Der Füllkopf ist mit einer Schlauchverschraubung versehen. Mehrere an einem Wagen angebrachte Gasbehälter werden, wenn nicht besondere Gründe für die Trennung einzelner Flammengruppen vorliegen, durch Kupferrohre, welche jedoch keinen Wassersack bilden dürfen, miteinander verbunden.

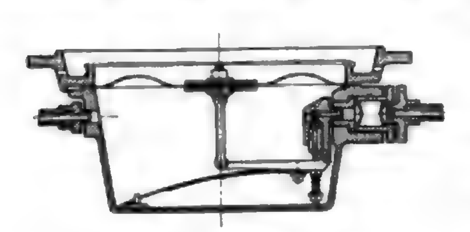


Abb. 10. Gasdruckregler.

Die Hochdruckleitung besteht aus einem 4 cm weiten Kupferrohr und führt von dem Gasbehälter unter Zwischenschaltung eines Absperrhahnes zu dem am Untergestelle des Wagens befindlichen Druckregler.

Der Gasdruckregler (Abb. 10) hat die Aufgabe, in der Niederdruckleitung unabhängig von der Druckabnahme in den Gasbehältern, einen stets gleichbleibenden Druck aufrecht zu erhalten.

Der Gasdruckregler oder das Reduzierventil besteht aus einem gußeisernen Topfe von annähernd 250 mm Durchmesser und 160 mm Höhe, welcher mit einer Ledermembrane lose, aber luftdicht überspannt ist. In der Mitte dieser Membrane ist eine Zugstange mit einer Schraube befestigt und diese mit einem auf dem Ventilsitze gelagerten Hebel gelenkig verbunden. Auf diesem Hebel sitzt federnd die eigentliche Ventilstange mit dem Ventilkegel. Sowie das Gas in den Regler einströmt, drückt es auf die Membrane, diese spannt sich und nimmt die Zugstange, den Hebel und den Ventilkegel nach oben mit, wodurch sich die Einströmungsöffnung verkleinert. Es kann daher nie mehr Gas in das Gefäß einströmen, als von den Brennern verbraucht wird. Bei Nachlassen des Gasdruckes senkt sich die Membrane und die Öffnung des Einströmventiles wird vergrößert. Dieser Vorgang wiederholt sich bei Abströmen des Gases durch die zu den Brennern führende Rohrleitung beständig, so daß immer der gleichmäßige Gasdruck in den Flammen aufrecht erhalten bleibt. Die Regelung ist sehr empfindlich und wird durch die Stöße, welchen die Wagen ausgesetzt sind, nicht beeinflußt, so daß die Flammen stets gleichmäßig und ruhig brennen. Dieser Regler ist durch besondere Stellschrauben auf einen beliebig bestimmbaren Druck in den Leitungen einstellbar.

Für die Wagenbeleuchtung mit Öl- und Mischgas genügt ein Überdruck von 25 bis 80 mm Wassersäule.

Vom Druckregler führt die Niederdruckleitung längs des Untergestelles und der Wagenstirnwand auf das Dach und von da durch Abzweigungen zu den einzelnen Lampen. In die Niederdruckleitung, welche gewöhnlich aus einem 7 mm weiten Gasrohr besteht, ist außen an der Stirnwand, an leicht zugänglicher Stelle, der Haupthahn eingestellt, durch welchen sämtliche Lampen gemeinsam abgesperrt werden können. Dieser Hahn ist zur Zeit, wo nicht beleuchtet wird, stets geschlossen zu halten. Die zu den Lampen führenden Abzweigerohre sind zumeist in einem Scharnier drehbar, um den Gasarm aus der Glasglocke herausnehmen, auf das Wagendach umlegen und reinigen zu können. Im Bedarfsfalle läßt sich dann auch als Notbeleuchtung eine Ölkranzlampe einschieben. Außerdem ist jeder Gasarm mit einem Absperrhahn und einer Vorrichtung zur Regelung des Gasverbrauches der zugehörigen Flamme versehen.

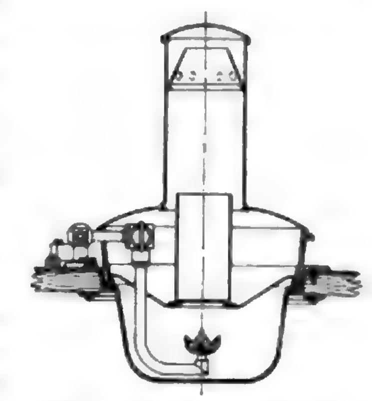


Abb. 11. Einfache Gaslampe.

Die Gaslampen bestehen aus dem Lampengehäuse mit Reflektor und dem Brenner. Die Lampengehäuse sind zumeist aus Gußeisen hergestellt und am Dache befestigt. Den unteren Abschluß bildet eine zumeist abklappbare Glasglocke in Messingfassung. Oben befindet sich eine um ein Scharnier drehbare Klappe mit Rauchhut. Der Brenner reicht bis nahe zu dem Boden der Glasglocke. Man verwendet entweder einfache Zweilochbrenner oder auch Schlitzbrenner aus Speckstein oder für eine ausgiebigere Beleuchtung sogenannte Intensivlampen mit zwei und drei Brennern, bei welchen die Flammen ineinander übergehen. Bei den Intensivlampen findet eine stärkere Vorwärmung der zugeführten Luft an dem mit Rippen versehenem Unterteil des Schornsteines statt. Abb. 11 zeigt eine gewöhnliche Lampe und Abb. 12 eine solche für Wagen mit Oberlichtaufbau, die von oben und auch vom Wageninneren aus zugänglich ist.

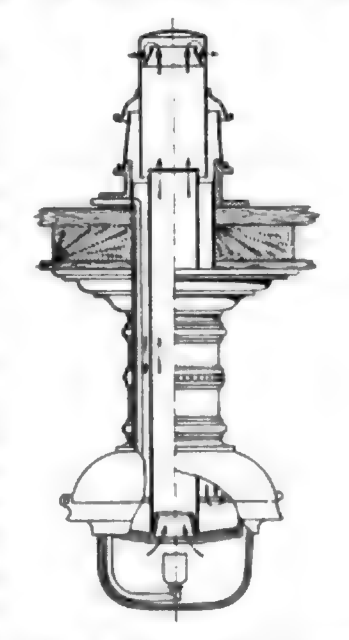


Abb. 12. Gaslampe für Wagen mit Oberlichtaufbau.

Bei den meisten Gaslampen ist auch eine Dunkelstellvorrichtung angebracht, welche vom Wagenabteil aus betätigt werden kann. Zu diesem Zwecke ist in die Rohrabzweigung ein Hahngehäuse eingeschaltet, welches eine kleinere und eine größere Bohrung hat, durch welche das Gas, je nach der Stellung des Hahnes, zu dem Brenner strömt. Bei Dunkelstellung wird durch die kleinere Bohrung dem Brenner weniger Gas zugeführt, so daß die Flamme mit geringerer Leuchtkraft brennt.

Bei den neueren Einrichtungen wird zumeist eine selbsttätige Dunkelstellvorrichtung angewendet, die so eingerichtet ist, daß sich die Flamme beim Herabziehen der Lampenvorhänge verkleinert.

Die Anordnung der Gasbeleuchtungseinrichtung eines Wagens, die für alle

verwendeten Gasarten und Lampenkonstruktionen die gleiche bleibt, zeigen die Abb. 13 u. 13a. In diesen bedeutet *g* den Gasbehälter, *a* den Absperrhahn in der Hochdruckleitung, *r* den Gasdruckregler, *h* den Haupthahn in der Niederdruckleitung, *f* die Absperr- und Regulierhähne für die Lampen und *l* die Lampen.

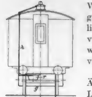


Abb. 13. Gasleitung am Wagen.

Die gestrichelt gezeichneten Teile deuten an, daß sie am Wagenuntergestelle angebracht, bzw. längs desselben geführt sind. Sämtliche Rohrleitungen sind grundsätzlich außerhalb des Wagens verlegt, um ein Einströmen von Gas in die Wagenabteile, wie dies bei Undichtwerden eines im Wagen verlegten Rohres möglich wäre, vollständig auszuschließen.

Die Verwendung von Mischgas bedingt keinerlei Änderung in den bestehenden Einrichtungen und Lampen. Es wird durch die Verwendung des Mischgases bei sonst gleichbleibendem Gasverbrauch nur die Leuchtkraft, und zwar je nach der Qualität des Gases, um das zwei- bis dreifache erhöht.

Das Verhältnis gegenüber den Intensivbrennern ist etwas geringer, indem eine dreiflammige Intensivlampe bei 60 l stündlichem Gasverbrauch eine Leuchtkraft von 22 NK hat, wogegen eine Mischgasflamme bei gleichem Gasverbrauch 32 NK entwickelt.

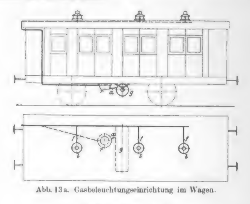


Abb. 13a. Gasbeleuchtungseinrichtung im Wagen.

e) Das Gasglühlicht.

Um die Lichtwirkung bei gleichem Gasverbrauche zu erhöhen, trachtete man die großen Vorteile des Gasglühlichtes auch für die Wagenbeleuchtung nutzbar zu machen. Die ersten diesbezüglichen Versuche (1894) fielen jedoch wegen der großen Gebrechlichkeit der Glühstrümpfe ungünstig aus. Die Versuche, die Glühstrümpfe widerstandsfähiger zu machen, lieferten ein ungünstiges Ergebnis, indem mit zunehmender Festigkeit der Glühkörper deren Leuchtkraft im gleichen Verhältnisse abnahm.

Man suchte daher die Lampen so auszubilden, daß die gebrechlichen Netze unter den Wagenstößen so wenig als möglich leiden, und gelangte

hierbei zu dem anscheinend befremdenden Ergebnisse, daß die Haltbarkeit der Netze dann am größten ist, wenn sie gar nicht federnd aufgehängt, sondern wie bei der Zimmerbeleuchtung fest mit dem Brenner verbunden werden.

Diese bei der französischen Ostbahn durchgeführten Versuche führten zu der in Abb. 14 dargestellten Lampentype, welche den Anforderungen so entsprach, daß bereits 1904 ungefähr 200 solcher Wagen mit Gasglühlichtbeleuchtung eingerichtet wurden. Diese Lampe wird, wie alle Gaslampen, im Wagendome untergebracht und unterscheidet sich von den gewöhnlichen Lampen nur dadurch, daß an Stelle des früheren Schnitt- oder Zweilochbrenners ein Auer- oder Bunsenbrenner aufgesetzt ist, der den Glühstrumpf trägt. Der Bunsenbrenner, ein unerläßlicher Bestandteil der Glühlichtbeleuchtung, besteht aus einer in das Gaszuleitungsrohr eingesetzten Düse mit nadelfeiner Öffnung, aus welchem das Gas ausströmt und einem daran anschließenden Rohre mit länglichen Schlitzen oder runden Löchern, durch welche die Luft zugeführt wird. Es findet hierdurch eine Mischung des Gases mit Luft und infolgedessen eine vollkommene Verbrennung des Gases mit nichtleuchtender, aber intensive Hitze ausstrahlender Flamme statt, welche den Glühstrumpf bis zur Weißglut bringt. Die Wirkung dieser Beleuchtung ist im Vergleiche zu dem früheren Schmetterlingsbrenner ganz die gleiche, wie bei der Steinkohlengasbeleuchtung die des gewöhnlichen Brenners im Vergleiche zum Glühstrumpfe. Die Haltbarkeit der Glühstrümpfe soll bei dieser Lampe im Durchschnitte etwa 70 Tage betragen, was etwa 280 Brennstunden entspricht.

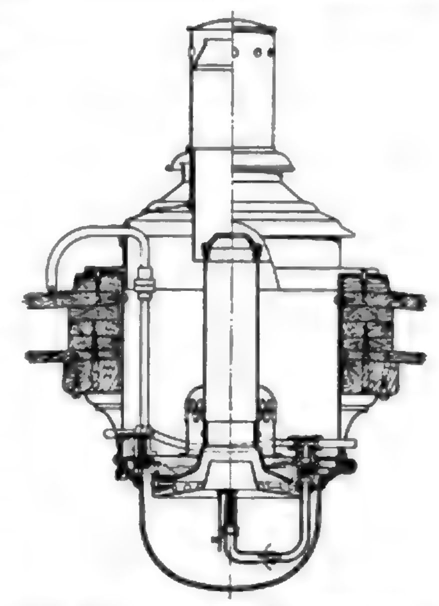


Abb. 14. Lampe mit Glühstrumpf.

Gleichzeitig mit diesen Versuchen stellte die Französische Westbahn Versuche mit der sogenannten Invertbeleuchtung an. Bei dieser Art der Beleuchtung ist die Flamme nicht nach aufwärts, sondern (Abb. 15) nach abwärts gerichtet. Die Flamme brennt vorerst nach abwärts und strebt dann ihrem natürlichen Antrieb folgend nach aufwärts, wodurch sie eine Art Kugel bildet. Um dies zu erreichen, muß das Gasluftgemisch mit einer bestimmten Gewalt aus dem Rohre herausgetrieben, und daher ein höherer Gasdruck angewendet werden. Der Gasdruck schwankt bei den Invertbrennern zwischen 100 bis 180 mm Wassersäule, gegenüber einem Drucke von 30 bis 80 mm bei der gewöhnlichen Gasbeleuchtung.

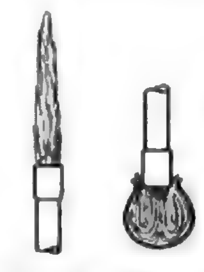


Abb. 15. Flammenbilder.

Das Netz muß kugelförmig sein, um sich der Flammenform gänzlich anzuschmiegen. Auch ist es statt aufzustellen, aufzuhängen. Die heiße Flamme umspült das Netz an seiner Innenseite und bringt es dadurch

zum Glühen. Das Auernetz wird hierbei nicht vom brennenden Gasgemische durchdrungen, sondern nur von innen bespült und ziehen die Verbrennungsgase zwischen Glühkörper und dem Gaszuführungsrohre ab.

Der Abzug der Verbrennungsgase muß ein sehr scharfer sein, da sich sonst die Abzugsgase dem Verbrennungsgemische beimengen und einen Teil davon mitreißen würden, wodurch ein übler Geruch entsteht, der überall dort, wo die Verbrennungsgase nicht in das Freie entweichen können, belästigend wirkt. Dieser Übelstand ist jedoch bei der Wagenbeleuchtung ausgeschlossen, da sämtliche Gase durch das Rauchrohr entweichen und ein Eindringen der Gase in die Wagenabteile durch die abschließende Gasglocke verhindert wird.

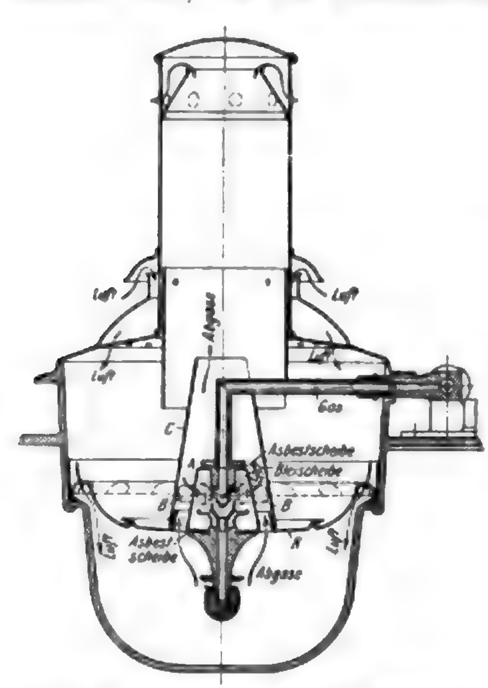


Abb. 16. Invertlampe, System Farkas.

Die auf der französischen Westbahn verwendete Invertlampe, Patent Farkas, zeigt Abb. 16. Bei dieser Lampe tritt der Invertbrenner aus einem Porzellankegel, dem sogenannten Prallkegel, heraus, der den Zweck hat, die Verbrennungsgase auf ihrem Wege nach aufwärts von dem oberhalb der Flamme liegenden Bunsenbrenner abzulenken und dadurch seine allzustarke Erhitzung zu verhindern. Das kugelförmige, an einem Magnesitring befestigte Netz wird an dem Porzellankegel, der mit bajonettartigem Ausnehmungen versehen ist, aufgehängt. Die mit dieser Lampe erzielte Lichtwirkung ist eine wesentlich günstigere als die bei Lampen mit aufrechtstehendem Strumpfe.

Es erklärt sich dies aus der besseren Lichtverteilung, die durch die Form des Glühstrumpfes bedingt wird. Messungen ergaben jedoch, daß auch die für die aufgewendete Wärmeeinheit erzielte Lichtmenge etwas größer ist.

In Deutschland und Österreich wird die Invertlampe von Julius Pintsch bereits vielfach verwendet. Bei der neuesten Konstruktion dieser Lampe (Abb. 17) wird das Gas durch ein absteigendes Rohr zugeführt, in welches eine Mutter zwischengeschaltet ist, um im Bedarfsfalle die ganze Lampeneinrichtung rasch entfernen zu können. Nach Lösung dieser Mutter läßt sich der obere Teil des Gasarmes zurückschlagen und sodann die ganze Lampe herausnehmen.

Der Bunsenbrenner, oder besser gesagt das Mischrohr, liegt wagrecht über dem Reflektor und führt das Gasgemisch mittels eines Knies zum Brennerkopf, der in den Hohlraum des Glühkörpers hineinragt. Der Glühkörper selbst ist an einem mit drei Füßchen versehenen Magnesitring befestigt, und wird noch im schellackierten Zustand in den abklappbaren Aufhängering eingeschoben. Die Glühkörper selbst werden in einem Schutzkorbe eingebettet eingeliefert, so daß das Netz nie angegriffen zu werden braucht.

Digitized by Google

Durch die Anordnung des Mischrohres quer über dem Reflektor wird eine günstige Vorwärmung der Luft erzielt. Die Gasdüse ist hier seitlich des Mischrohres, der Brennerkopf aus Porzellan in dessen Mitte angeordnet. Das Brennerrohr ist um ein Scharnier nach abwärts drehbar, wodurch die Gasdüse frei zugänglich wird und eine allfällige Verstopfung der nadelfeinen Ausströmöffnung beseitigt werden kann.

Der Reflektor ist abklappbar so eingerichtet, daß das Netz hierbei nicht aus seiner Stellung gebracht werden muß. Es wird hierdurch die Reinigung des Reflektors wesentlich erleichtert. Als wesentliche Neuerung bei dieser Lampe ist die Anordnung einer besonderen Zündflamme zu bezeichnen. Es hat sich nämlich ergeben, daß das Anzünden der Flamme des Bunsenbrenners bei größeren Zuggeschwindigkeiten mit Schwierigkeiten verbunden ist und es dabei zuweilen sogar einer Vorwärmung des Mischrohres bedarf.

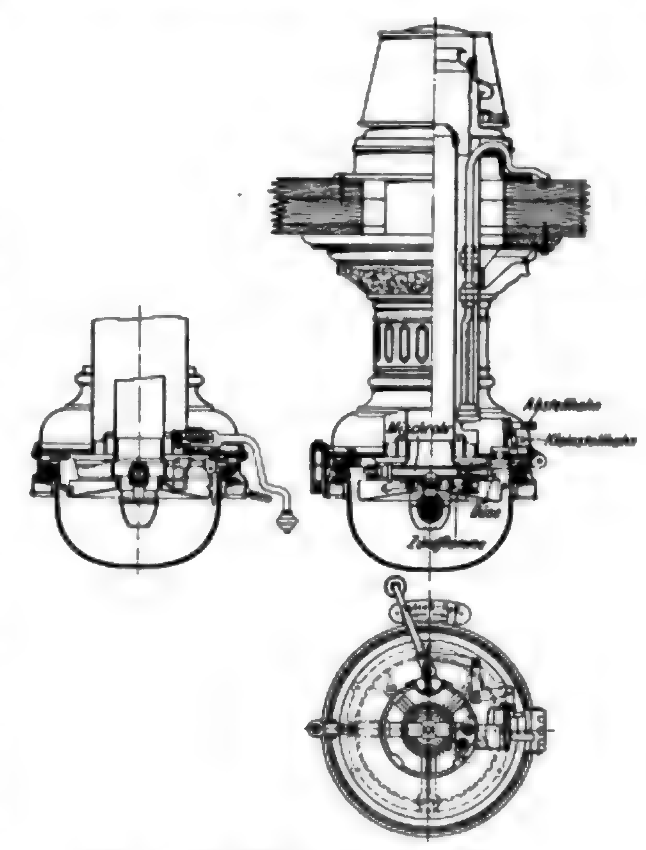


Abb. 17. Invertlampe, System Pintsch.

Diesem Übelstande ist nun durch die Zündflamme, welche nur Gas, aber kein Gasgemisch führt, vollkommen abgeholfen. Diese Zündflamme ist unter allen Umständen leicht entzündbar und entzündet das aus dem Brennerkopfe austretende Gasgemisch mit Sicherheit. Es konnte dadurch auch der Lampenschornstein so ausgestaltet werden, daß ein rascher Abzug der Verbrennungsgase stattfindet. Mit dieser kleinen Zündflamme, welche während der ganzen Beleuchtungsdauer brennt und ungefähr 4 l Gas in der Stunde verbraucht, wird noch der weitere Vorteil erreicht, daß die eigentliche Gasflamme zum Zwecke der Dunkelstellung völlig abgelöscht werden kann, um im Bedarfsfalle durch Öffnen des Gashahnes jederzeit wieder entzündet werden zu können.

Ein Dunkelstellen der Invertlampen durch Abschränken der Gaszufuhr bedingt häufig ein Rückschlagen der Flamme und ein Verrußen des Glühstrumpfes. Die Lampen mußten daher in der Nacht, wenn das Wagenabteil durch Vorlegen der Blenden verfinstert wurde, voll brennen und unnütz Gas verbrauchen.

Die Vorteile der Glühstrumpfbeleuchtung liegen nicht nur in einer bedeutend verstärkten Leuchtkraft und verbesserten Lichtverteilung, son-

Digitized by Google

dern auch in einem verminderten Gasverbrauch, somit einer Verbilligung des Betriebes. So verbraucht ein Schmetterlingsbrenner bei einer Leuchtkraft von 4 NK 15 l Gas in der Stunde, während bei einer Invertlampe von gleichem Gasverbrauch eine Leuchtkraft von 30 NK entwickelt wird. Bei 24 l stündlichem Gasverbrauch entwickelt eine Invertlampe 50 NK, eine gewöhnliche Ölgasflamme hingegen nur 7 bis 8 K. Die Kosten der Kerzenbrennstunde vermindern sich sonach in bezug auf den Gasverbrauch um ein bedeutendes. Hingegen ist der Verschleiß an Glühstrümpfen ein beträchtlicher und müssen dessen Kosten für die richtige Beurteilung zugeschlagen werden.

Die Haltbarkeit hängt hauptsächlich von dem mehr oder minder ruhigen Gange der Wagen ab. Die Federung der Wagen, der Zustand des Oberbaues, die Fahrgeschwindigkeit der Züge, das mehr oder minder häufige Anhalten und Anfahren beeinflussen die Lebensdauer der Glühstrümpfe wesentlich. So überdauern die Glühstrümpfe eines vierachsigen Wagens wegen des ruhigen Ganges dieser Wagen jene, welche in dreiachsigen Wagen untergebracht sind. Die über den Wagenachsen angebrachten Glühstrümpfe gehen früher zugrunde als die in der Wagenmitte befindlichen. In oft anhaltenden Zügen, wie beispielsweise den Stadtbahn- und dem örtlichen Verkehre dienenden Zügen, ist der Verschleiß ein größerer als in den Schnellzügen usw.

Auch die Güte des verwendeten Gases spielt hierbei eine bestimmende Rolle. Je größer der Heizwert des Gases, desto größer ist auch der erzielbare Wirkungsgrad. Ein Gas mit höherem Wärmewert ist für die Glühlichtbeleuchtung günstiger als ein solcher mit geringerem Heizwert.

Für die Haltbarkeit der Glühkörper hat sich nun Mischgas als schlecht bewährt, und zwar vollzieht sich die Zerstörung um so schneller, je mehr Azetylen dem Ölgase beigemengt ist. Für reines Azetylen ist es überhaupt noch nicht gelungen, einen dauerhaften Glühkörper zu erzeugen. Es scheint das Azetylen selbst in einer Mischung mit Ölgas durch seine hohe Flammentemperatur zerstörend auf die Glühkörper einzuwirken und deren Haltbarkeit zu verringern. Die vorzeitige Zerstörung der Glühkörper durch das beigemengte Azetylen scheint, nach den neuesten Untersuchungen, zum Teil auch durch die im Azetylen enthaltenen Verunreinigungen, hauptsächlich Phosphorwasserstoff und Siliziumwasserstoff bedingt. Eine Beimengung von 10% Azetylen zum Ölgase soll sich jedoch dermalen dort, wo schlechtes Ölgas erzeugt wird, immerhin noch als wirtschaftlich erweisen.

Die Haltdauer der Glühkörper für die Invertbeleuchtung soll im Mittel 100 bis 110 Stunden betragen.

f) Das Steinkohlengas.

Das Steinkohlengas kann, wenn es vorher auf 10 bis 12 at verdichtet und sodann der Druck auf den Brennerdruck herabgemindert wird, nicht unmittelbar zur Wagenbeleuchtung verwendet werden. Es besitzt aber im trockenen Zustande, nach Verringerung der Verdichtung, die Eigenschaft, sich mit Dämpfen, mit welchen es in Berührung kommt, zu sättigen. Wird daher das Gas auf dem Wege von dem Druckregler bis zum Brenner durch ein mit flüssigen, leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen gefülltes Gefäß durchgeleitet, so nimmt es diese bis zur vollständigen Sät-

tigung auf. Die Leuchtkraft des Gases wird hierdurch um das zwei- bis dreifache erhöht und nahezu gleich jener des Ölgases. Die Veränderung in der gesamten Wageneinrichtung gegenüber der Ölgasbeleuchtung besteht nur darin, daß entweder in die Niederdruckleitung ein Karburiertopf eingeschaltet oder jede Gaslampe mit einem Karburierapparat versehen wird. Der Karburiertopf besteht aus einem oben geschlossenen zylindrischen Aufsatz, der durch eine lotrechte Wand in zwei Kammern geteilt und mit dem schalenartigen Unterteil durch Flanschenschrauben verbunden ist. Zwischen beiden ist nahe der Decke des Aufsatzes eine gelochte Blechscheibe, durch deren Löcher bis auf den Boden des Unterteiles reichende Wolldochte gezogen sind. Der Unterteil ist mit der Karburierflüssigkeit gefüllt, welche durch die Dochte aufgesaugt wird.

Das trockene Gas strömt unmittelbar unter der Blechscheibe in die erste Kammer und durch eine Öffnung am unteren Rande der Querwand in die zweite Kammer, nimmt auf diesem Wege die flüchtigen Kohlenwasserstoffe auf und geht durch eine am Gefäßoberteile gegenüber der Einströmung angebrachte Ventilöffnung in die Leitungsrohre.

Als Karburierflüssigkeit kommen die bei der Verdichtung des Gases flüssig gewordenen Kohlenwasserstoffe, sowie Benzin und sonstige leichtflüssige Kohlenwasserstoffe zur Verwendung. Um die gleiche Lichtstärke wie bei Ölgas zu erzielen, werden gegenüber 22 l Ölgas annähernd 30 l karburiertes Steinkohlengas benötigt. An Karburierflüssigkeit werden etwa 5 g für die Flammenstunde verbraucht und reicht demnach ein Karburiergefäß von 1 l = 900 g Flüssigkeitsinhalt für 180 Stunden aus.

Die Füllung der Karburiergefäße mit den leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen ist gefährlich und mit großer Vorsicht vorzunehmen. Die flüchtigen Kohlenwasserstoffe verdunsten bei verschiedenen Temperaturen nicht gleichmäßig und werden dadurch Schwankungen in der Lichtintensität herbeigeführt. Dies zu vermeiden, wird die Karburierung vielfach unmittelbar an den Brennern durchgeführt und das erst bei 79° schmelzende Naphthalin als Karburiermittel verwendet.

Für diesen Zweck ist bei jeder Gaslampe oberhalb des Reflektors ein Behälter aus Messing *M* angebracht (Abb. 18), in welchen das in Stangen oder Kugeln geformte Naphthalin eingelegt wird. Nahe vom Boden dieser Gefäße führt ein gebogenes Rohr in eine kleine im Schornstein der Lampe liegende Kammer *k*, in welche auch die Niederdruckleitung einmündet. Am Boden dieser Kammer ist das nahe bis an die Glasschale reichende Brennerrohr *b* angebracht. Durch die Flamme wird das Naphthalin in dem aufsteigenden Rohre erhitzt und tritt in flüchtigem Zustande mit dem Steinkohlengas gemischt aus dem Brenner.

Bei Verwendung von Naphthalin wird bei einem mittleren Verbrauche von 45 l Steinkohlengas, in welchem 2 g Naphthalin karburiert sind, eine Lichtstärke von 6·3 NK erzielt. Der Messingbehälter wird mit 400 g Naphthalin beschickt und reicht dieses für 200 Brennstunden aus.

Die Beleuchtung mit Steinkohlengas gewährt den Vorteil, daß die Errichtung einer eignen Ölgasanstalt entfällt und nur die Verdichtungsanlage geschaffen werden muß.

Verdichtetes Steinkohlengas läßt sich ebensogut wie Ölgas zur Beleuchtung der Wagen mit Glühstrümpfen verwenden, doch wird auch hier wegen des geringeren Heizwertes des Steinkohlengases, welches ungefähr

Digitized by Google

4500 WE für 1 cbm abzugeben vermag, nachdem es durch die Verdichtung annähernd 1000 WE verliert, die doppelte Menge Gases für die gleiche Leistung verwendet werden müssen als bei Ölgas.

g) Das Azetylen.

Das Azetylen, wegen seiner hohen Leuchtkraft für die Zugbeleuchtung besonders geeignet, läßt sich als solches nicht verdichten, da es in diesem Zustande sehr zur Explosion hinneigt. Bei normalem Drucke pflanzt sich eine an einer bestimmten Stelle eingeleitete Zersetzung eines bestimmten Azetylenvolumens nicht fort. Weder der elektrische Funke noch glühender Platindraht, noch eine Zündung mittels Knallquecksilber vermag eine explosive Wirkung über den Angriffspunkt hinaus auszuüben. Es sind eben die Azetylenmoleküle nicht dicht genug gelagert, um die Explosionswelle fortzuleiten. Wird das Azetylen jedoch unter einem 2 at übersteigenden Drucke verdichtet, so lagern sich diese Moleküle hinreichend dicht aneinander, um eine an einem Punkte eingeleitete Zersetzung durch das ganze Volumen zu verbreiten. Mit noch weiter erhöhtem Drucke nimmt daher die Explosivität des Azetylens immer mehr zu.

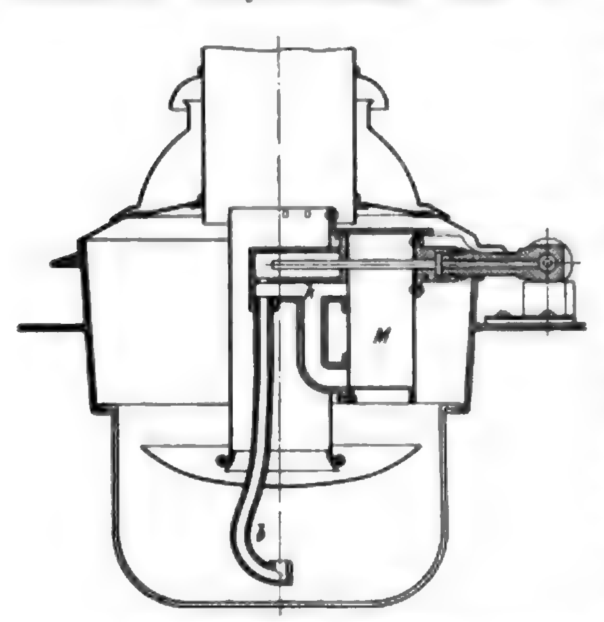


Abb. 18. Gaslampe mit Karburiervorrichtung.

Die Entstehung der Zersetzung wird in erster Linie durch Wärmeeinwirkung hervorgerufen. Es läßt sich nun diese Zersetzungsmöglichkeit vermindern, bzw. ganz aufheben, wenn gleichzeitig eine Wärmeabsorption erfolgt, was sich durch Beimischung inerter und exothermischer Stoffe erreichen läßt, welche sich bei der Zerfalltemperatur des Azetylen zersetzen und hierbei Wärme aufnehmen. Hierdurch findet eine gewisse Auseinanderlagerung der Azetylenmoleküle und eine Verlangsamung bzw. Aufhebung der Explosionswelle statt.

Ebenso bewirken flüssige Stoffe, insbesondere aber das Azeton eine Herabsetzung der Explosionsgrenze des Azetylen. Das in Azeton gelöste Azetylen ist bei einer Höchsttemperatur von 15° C bis zu einem Drucke von 10 at der Explosivität fast ganz entzogen. Mit dem Steigen der Temperatur nimmt selbstverständlich die Explosivität zu. Diese Gefahr läßt sich jedoch noch bedeutend verringern, wenn man das Azeton von einer porösen Masse aufsaugen läßt und erst dann das Azetylen in Lösung bringt. Ist die Masse ausreichend fein porös, so pflanzt sich die Explosionswelle bei eintretender Zersetzung eines Teiles des Azetylen nicht weiter fort.

Das Azeton vermag nun ganz bedeutende Mengen von Azetylen zu lösen bzw. in sich aufzunehmen, und steigt diese Aufnahmefähigkeit mit

fallender Temperatur ganz außerordentlich. So nimmt Azeton, welches bei mittlerer Temperatur unter Atmosphärendruck das 24fache seines eigenen Volumens Azetylen löst, bei — 80° C (dem Erstarrungspunkte des Azetylen) nahezu das 2000fache dieses Volumens auf, wobei sich das Volumen des Azetons annähernd um das vierfache vergrößert.

Unter einem Drucke von 12 at löst 1 l Azeton annähernd 300 l Azetylen. Hierbei vergrößert sich das Volumen des Azetons um 4 °/₀ für jeden Atmosphärendruck, so daß 1 l Azeton bei 12 at mit Azetylen vollständig gesättigt einen Raum von $1^1/_2$ l einnimmt.

Diese Eigenschaft des Azetons, das Azetylen in großen Mengen in sich aufzunehmen und bei Gegenwart einer porösen Masse jede Explosionsgefahr auszuschließen, führte nun zu dem Verfahren, komprimiertes Aze-

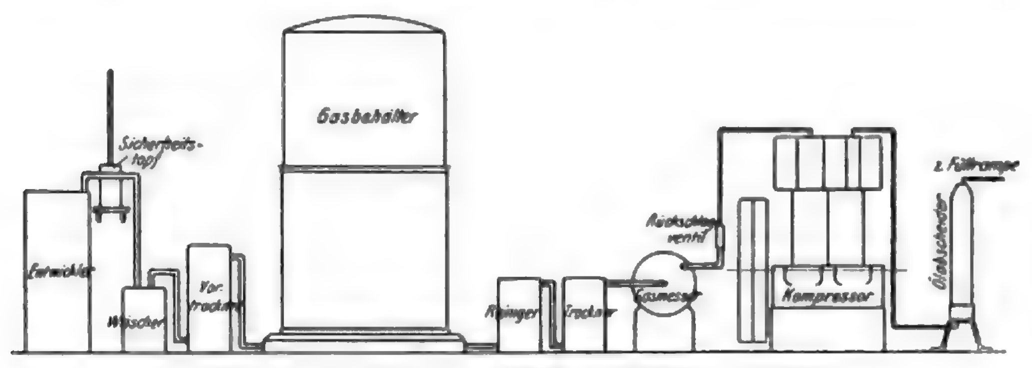


Abb. 19. Azetylengasanstalt für verdichtetes Azetylen.

tylen in Behältern mit poröser Masse, welche mit Azeton getränkt ist, zu lösen, es in diesen aufzubewahren und von diesen aus dem Verwendungszwecke zuzuführen. Es wird auf diese Weise das Azetylen bei geringer Raumbeanspruchung in großen Mengen transportabel gemacht.

Das für diese Zwecke zu verwendende Azetylen muß in möglichst kaltem Zustande erzeugt, luftfrei und durchaus rein und trocken sein. Abb. 19 stellt die Anlage einer solchen Gasanstalt schematisch dar. Das dem Entwickler entströmende Gas geht, nachdem es den Wäscher durchlaufen hat, in den Vortrockner oder Vorreiniger, welcher aus einem zylindrischen mit Koks gefüllten Turm besteht, in welchem alle dem Gase anhaftenden mechanischen Beimengungen ausgeschieden werden. Von hier aus tritt das Gas in den Gasbehälter und wird von diesem durch die Verdichtungsmaschine abgesaugt, wobei es vorerst den chemischen Reiniger, dann den Trockner und den Gasmesser durchläuft. Zwischen der Gaserzeugungsanlage und der Verdichtungspumpe ist in der Saugrohrleitung zur Sicherung ein Rüchschlagventil eingebaut.

Die Verdichtung des Gases erfolgt bei größeren Anlagen zweistufig, und zwar wird das Gas vorerst in dem Niederdruckzylinder auf 3·5 at und dann in dem Hochdruckzylinder auf 12 at verdichtet. Die Pumpen arbeiten einfachwirkend und sind beide Pumpenzylinder mit einer wirksamen Kühlvorrichtung umgeben, um eine fortlaufende Kühlung des zu verdichtenden Gases zu erreichen. Das Saugrohr der Hochdruckleitung wird hierbei genügend lang ausgebildet und in die Kühlvorrichtung eingebaut, um das auf 3·5 at verdichtete Gas womöglich noch unter seine Anfangstemperatur abzukühlen. Jeder Zylinder

Digitized by Google

ist mit einem seiner Arbeitsleistung entsprechendem Sicherheitsventil versehen. Auf dem Saugventilkasten jedes Zylinders ist eine ununterbrochen wirkende Schmiervorrichtung angebracht, welche die inneren Wandungen des Zylinders in Öl hält. Das verdichtete Gas reißt nun einen bedeutenden Teil des Öles mit sich fort, welches ihm durch einen in die Druckrohrleitung eingeschalteten Ölabscheider wieder entzogen wird. Von diesem Ölabscheider wird das Gas der Füllrampe zugeführt, auf welcher, in Gruppen geschaltet, die Behälter zur Aufnahme des verdichteten Gases gelagert sind.

Die Behälter, welche den wichtigsten Teil der Einrichtung bilden, werden vorerst auf ihre Druckfestigkeit erprobt, ehe die poröse Masse in dieselben eingefüllt wird. Diese poröse Masse besteht aus einer bestimmten Art Holzkohle, welche mit einem durch Azeton nicht angreifbaren porösen Zement vermengt ist. Die Masse wird als dünner Brei in die Behälter eingefüllt und in einem Trockenofen getrocknet. Dieser Brei erstarrt, bei langsamer Steigerung der Temperatur bis zu einer bestimmten Höhe, zu einer festen lückenlosen Masse, welche bei einer Dichte von 0·3 eine Porösität von ungefähr 80% aufweist.

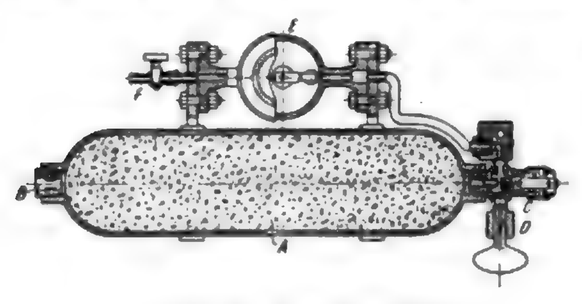


Abb. 20. Azetylenbehälter.

Die so vorgerichteten Behälter werden nun mit einer deren Größe entsprechenden Menge reinen Azetons, welches bei 56 bis 58° C siedet, angefüllt. Dieses Einfüllen soll möglichst unter Abschluß der Luft erfolgen, da sonst infolge der hygroskopischen Eigenschaften des Azetons eine Verringerung der Absorptionsfähigkeit eintreten kann. Hierauf wird das Gewicht der so vorgerichteten Behälter genau festgestellt und auf diesen vermerkt, um sie periodisch auf ihre Gewichtsabnahme prüfen und danach den Azetonersatz regeln zu können.

Vor Füllung der Behälter wird die atmosphärische Luft entfernt, sodann das verdichtete Azetylen eingeleitet und der Behälter nach erfolgter Sättigung des Azetons verschlossen, in welchem Zustand er an den Verwendungsort gebracht wird. Abb. 20 zeigt einen solchen für den Vertrieb von gelöstem Azetylen hergestellten Behälter.

Die Druckerhöhung, welche unter dem Einflusse der Temperatur in dem Behälter mit gelöstem Azetylen entsteht, ist für die praktische Verwendung von großer Wichtigkeit, da von dieser das Gefahrmoment abhängt. Versuche ergaben nun, daß der durch die Temperatursteigerung erhöhte Druck unter Einwirkung der Sonnenstrahlen auf den Behälter praktisch ohne Einfluß ist, nachdem die hier anzunehmende Höchsttemperatur von 55° C eine Steigerung des Druckes um das Doppelte des ursprünglichen Druckes bei einer Temperatur von 18·5° C hervorruft, während die Behälter ungefähr den 10fachen Druck auszuhalten vermögen.

Aber auch höhere Temperaturen bringen noch keine Explosionsgefahr mit sich. Jeder Behälter ist mit einem Sicherheitspfropfen verschraubt, der aus einer Zinn-Blei-Zinklegierung besteht, die bei 171·35° C schmilzt. Wird nun eine solche Stahlflasche, in welcher sich das Gas unter einem

Drucke von 11·8 at befindet, so in ein Holzkohlenfeuer eingebettet, daß der Sicherheitspfropfen nicht der Flamme ausgesetzt ist, so steigt der Druck langsam bis auf etwa 22 at. In diesem Momente beginnt der Sicherheitspfropfen zu schmelzen, das Gas tritt aus, entzündet sich und brennt mit ruhiger Flamme ab. Es zeigt sich sonach nur eine Drucksteigerung von ungefähr 11 at, die sich dadurch erklären läßt, daß der Behälter als guter Wärmeleiter rasch die Temperatur von 171° annimmt, während das Azetylengas in der porösen Masse nur auf annähernd 60° C erwärmt wird, was sich aus dem beobachteten Höchstdrucke schließen läßt. Ein Zersprengen der Behälterwand durch Wärmeeinwirkung scheint demnach ausgeschlossen.

Das Aufnahmevermögen eines Behälters ist, abgesehen von dessen Abmessungen, von der Azetonmenge abhängig, welche sich in ihm befindet. Für die Höchstspannung im Behälter ist, nachdem sich das Azeton voll gesättigt hat, immer noch ein gewisser Expansionsraum vorzusehen, da bei deren Herstellung nicht immer die gewünschten theoretischen Zahlen der Porosität der Masse erhalten werden können.

Die jeweilige Azetonmenge soll $^3/_7$ des Behälter-Volumens betragen. Ein Behälter von 35 l Fassungsraum hat demnach $\frac{3 \times 35}{7} = 15$ l Azeton zu enthalten. Das Azeton dehnt sich bei 12 at Druck von 15 l auf 22·5 l aus. Die poröse Masse füllt den Fassungsraum des Behälters mit nahezu 20% aus, wodurch ein nutzbarer Raum von 7 l verloren geht. Rechnet man die 22·5 l Azeton hinzu, so bleibt bei einem solchen Behälter von 35 l noch ein Expansionsraum von 6·5 l frei.

Ein Liter Azeton nimmt bei einem Druck von 12 at 300 l Gas in sich auf und vermag ein Behälter von 35 l Rauminhalt $300 \times 15 = 4500$ l Azetylen aufzuspeichern.

Das Azeton löst bei der Füllung das ihm zugeführte Azetylen nicht im gleichen Verhältnisse mit der Drucksteigerung, da die Lösung nur allmählich vor sich geht und die vollkommene Sättigung erst nach annähernd sechs Stunden erreicht wird, wodurch der anfängliche Druck bedeutend herabsinkt.

Ganz in ähnlicher, wenn auch nicht so entschieden ausgesprochener Weise gibt das Azeton das Azetylen nicht sofort frei. Es bedarf nach Entnahme einer bestimmten Menge des Gases immer einer gewissen Zeit, ehe das Gas so weit frei wird und der Druck entsprechend ansteigt, um neuerdings Gas abgeben zu können. Dieser Umstand ist bei der Bemessung der Größe der Behälter für die jeweilige Verwendung zu berücksichtigen.

Für eine 16stündige Beleuchtungsperiode und einen stündlichen Gasverbrauch von 15 l ist nach den bisherigen Erfahrungen ein Volumen von 2·5 l poröser Masse erforderlich. Daraus läßt sich für den jeweiligen Gasverbrauch die Größe des Behälters bestimmen.

Der Hauptvorteil des gelösten und verdichteten Azetylens liegt in dem geringen Raume und dem für die Leistung geringen Gewichte des Behälters. So wiegt ein für die Aufnahme von 4000 l Azetylen ausreichender Behälter aus Stahl annähernd 82 kg. Die Länge des Behälters beträgt 1·17 m, der Durchmesser 0·237 m und somit der erforderliche Raum 0·05 cbm.

Digitized by Google

Der Azetylenverbrauch für 1 NK beträgt 0·7 l in der Stunde, sonach für eine 16kerzige Flamme in der Stunde 11·2 l und vermag daher eine solche Stahlflasche eine 16-kerzige Flamme durch 357·14 Stunden zu speisen. Das Gewicht des Behälters beträgt demnach für die 16-Kerzenstunde

$$\frac{82}{357 \cdot 14} = 0 \cdot 232 \text{ kg.}$$

Demgegenüber ist das Gewicht, welches für die 16-kerzige Flammenstunde bei Öl- oder Mischgas mitzunehmen ist, bedeutend größer und beträgt für Ölgas ungefähr 5·41 kg, für Mischgas 2·183 kg. Bei reiner Akkumulatorenbeleuchtung würden 2·77 kg für die 16-Kerzenstunde mitzuführen sein.

Der erforderliche Raumbedarf für die 16-kerzige Flamme beträgt bei dem komprimierten Ölgas 0·013 cbm, bei dem komprimierten Mischgas 0·0053 cbm, bei dem Akkumulator 0·0017 cbm und bei dem gelösten und komprimierten Azetylen 0·00014 cbm.

Diese geringe Raumbeanspruchung und das geringe Gewicht der Behälter für eine gegebene Leistung gewähren insbesondere für die Wagenbeleuchtung große Vorteile, da deren Unterbringung auf keine Schwierigkeiten stößt und die Behälter nach Bedarf leicht ausgewechselt werden können, so daß deren Füllung nicht mehr in den Wagen zu erfolgen braucht, was immer gewisse Verzögerungen, durch die Dauer der Füllung, sowie das Umstellen der Wagen auf die bei den Füllständern gelegenen Gleise usw. mit sich bringt.

Die einmal gefüllten Behälter können praktisch unbegrenzt lange lagern, da sie nach außen vollkommen luftdicht abgeschlossen sind. Sie können daher in gewisse Depotstationen gebracht werden und dort so lange gelagert bleiben, bis sie der Benutzung zugeführt werden, wodurch wieder gewisse Schwierigkeiten entfallen, die bei Öl- oder Mischgas mit dem Füllen der Wagen-Gasbehälter von den Füllwagen aus in Stationen, welche keine Ölgasanstalt besitzen, verbunden sind.

Auch läßt sich hiermit die Beleuchtung der Stationen mit Gas einfach und gefahrlos verbinden, da nur die nötigen Rohrleitungen in Verbindung mit den Brennern zu verlegen und zu den Gasbehältern zu führen sind, welch letztere von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden können.

Die Beleuchtungseinrichtung in den Wagen ändert sich durch die Verwendung von gelöstem und verdichtetem Azetylen nur wenig, da nur die Brenner entsprechend umzuändern sind. Der Druckregler ist hier ebenfalls unentbehrlich.

Die Azetylenbeleuchtung der Wagen ist erst neueren Datums und daher noch bei keiner Bahn vollständig zur Einführung gelangt, doch steht sie bereits bei mehreren Bahnen in Erprobung und lauten, wiewohl die Versuche noch nicht abgeschlossen sind, die Berichte im allgemeinen sehr günstig.

4. Die elektrische Beleuchtung.

Um das elektrische Glühlicht für die Zugbeleuchtung auszunützen, mußte, da eine eigene Maschinenanlage zur Erzeugung der Elektrizität anfangs untunlich erschien, vorher eine Art Reservoir zur Aufspeicherung der Elektrizität geschaffen werden. Sofort nach Erfindung des Elektrizitätsspeichers oder Akkumulators durch Faure (1881) wurde dessen Nutz-

barmachung für die gedachten Zwecke in die Hand genommen und war es de Calo, welcher auf der österreichischen Südbahn die ersten Versuche mit der reinen Akkumulatorenbeleuchtung der Eisenbahnwagen in Angriff nahm.

Die ersten Versuche fielen ungünstig aus, weil die damaligen Akkumulatoren noch unfertig in der Konstruktion waren und auch noch die Erfahrungen in der Behandlung fehlten. Erst nach langer mühseliger Versuchsarbeit wurden diese heutzutage unentbehrlichen Vorrichtungen auf jene Stufe der Verläßlichkeit gebracht, die für einen lebensfähigen Betrieb unbedingt notwendig ist.

Die Akkumulatoren erfordern eine sehr sorgsame Behandlung und waren die anfänglichen Mißerfolge des Akkumulatorenbetriebes noch mehr der unsachgemäßen Behandlung, als der mangelhaften Ausgestaltung dieser Speicheranlagen zuzuschreiben.

An Akkumulatoren für bewegliche Anlagen werden außerdem noch ganz besondere Anforderungen gestellt. Es soll hier geringes Gewicht und Haltbarkeit mit großer Kapazität verbunden sein, einander entgegengesetzte Forderungen, die zu vereinigen, für den ersten Blick nahezu unmöglich erscheint. Die Akkumulatoren bilden einen unerläßlichen Bestandteil jeder Art der elektrischen Zugbeleuchtung und konnte daher an eine Einführung dieser Beleuchtungsmethode nicht früher gedacht werden, ehe deren Mängel vollständig beseitigt waren.

Der Betrieb der elektrischen Beleuchtung in den Eisenbahnwagen läßt sich auf verschiedene Weise einrichten, man unterscheidet:

A. Reine Akkumulatorenbeleuchtung.

a) mit einer den Lichtbedarf des ganzen Zuges deckenden Batterie in nur einem Wagen;

b) jeder Wagen enthält eine für den Eigenbedarf ausreichend starke Batterie.

B. Elektrizitätserzeugung im Zuge.

a) Für den Antrieb der Dynamomaschine kommt eine eigene Maschine zur Verwendung;

1. diese Maschine erhält die Energie vom Dampfkessel der Lokomotive,
2. die Antriebsmaschine wird von einer anderen Energiequelle gespeist (eigenem Dampferzeuger, Explosionsmaschinen);

b) die Dynamomaschine wird von einer Wagenachse angetrieben;

1. die Dynamomaschine versorgt den ganzen Zug mit elektrischer Energie,
2. jeder Wagen erhält einen Elektrizitätserzeuger, der von einer Wagenachse angetrieben wird (Einzelwagenbeleuchtung).

a) Die elektrische Beleuchtung mit Akkumulatoren.

α) Der Akkumulator.

Der Akkumulator (Sammlerzelle oder Sekundärelement) ist ein galvanisches Element, welches nach Abgabe der elektrischen Energie (Entladung) durch Zuführung frischer elektrischer Energie (Ladung) wieder in den ursprünglichen Zustand zurückversetzt wird, eine Eigenschaft, die es mit vielen galvanischen Elementen teilt. Es ist hierdurch das

Element neuerdings befähigt, elektrische Energie abzugebeu. Die Stromabgabe ist eine Folge von im Inneren des Elementes sich abspielenden chemischen Prozessen, durch welche die chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird. Beim Ladungsvorgange wird dagegen elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt und als solche so lange festgehalten, bis durch Schluß des Stromkreises der Entladungsprozeß oder die Umwandlung der chemischen in elektrische Energie von neuem eingeleitet wird. Da bei jeder Umwandlung von einer Energieform in die andere Verluste entstehen, kann auch niemals von einer solchen Sammlerzelle das in sie eingelieferte Energiequantum wieder zurückgegeben werden. Der Nutzeffekt oder Wirkungsgrad einer solchen Sammlerzelle beträgt bei langsamer Entladung nicht mehr als 75%.

Daß der Bleiakkumulator sich von allen den verschiedenen möglichen Elektrizitätssammlern für die Aufspeicherung am besten eignet, liegt in der Leichtigkeit, mit welcher sich die chemischen Vorgänge abspielen, so daß die Umsetzungsverluste verhältnismäßig geringe werden.

Der Bleiakkumulator besteht in seinen Grundlagen aus zwei Bleiplatten, die in verdünnte Schwefelsäure getaucht werden. Sobald ein elektrischer Strom durch die so gebildete elektrolytische Zelle hindurchgeleitet wird, zersetzt sich nach der von Dr. Strecker gegebenen Theorie Wasser und es tritt an der Anode oder dem negativen Pole Sauerstoff auf, der das gebildete schwefelsaure Blei zu Bleisuperoxyd oxydiert. An der Kathode oder dem positiven Pol reduziert der elektrolytisch ausgeschiedene Wasserstoff Bleisulphat und Bleioxyd zu metallischem Blei.

Das Ende der Ladung beider Platten zeigt sich durch stürmisches Entweichen von Gas an beiden Platten an. Bei der Entladung wird abermals Wasser zersetzt, wobei jedoch in Umkehrung des Vorganges an der Anode Wasserstoff auftritt, welcher das Bleisuperoxyd zu Bleioxyd reduziert. Dieses Bleioxyd verbindet sich mit der Schwefelsäure zu Bleisulfat. Der an der Kathode auftretende Sauerstoff oxydiert das Blei zu Bleioxyd und dieses bildet mit der Schwefelsäure gleichfalls Bleisulfat. Es wird sonach bei der Entladung die Schwefelsäure aus dem Elektrolyten von den Platten aufgenommen und das spezifische Gewicht des Elektrolyten sinkt daher bei der Entladung, während es bei der Ladung durch das Freiwerden der Schwefelsäure wieder ansteigt.

Sowie der Bleischwamm bzw. das Bleisuperoxyd zu Bleisulfat umgewandelt ist, hört auch die Wirkung des Akkumulators auf, die Wirkung der Zelle ist beendet und die Spannung sinkt auf Null.

Bei der Ladung wird ein Molekül Wasser zersetzt und es setzen dann die auftretenden Gase Wasserstoff und Sauerstoff wieder je ein Molekül Schwefelsäureanhydrit in Freiheit, welches sich dann mit Wasser zu Schwefelsäure vereinigt. Der in Wirkung tretende Wasserstoff bildet stets wieder Wasser zurück, so daß das wechselnde spezifische Gewicht des Elektrolytes nur durch den wechselnden Gehalt an Schwefelsäure bedingt wird, wobei die geringen Mengen entweichenden Wasserstoffes nicht berücksichtigt erscheinen.

Ursprünglich wurden nach dem von Planté angegebenen Verfahren zwei Bleiplatten einander gegenüber in verdünnte Schwefelsäure getaucht und für die Ladung der Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt. Diese Platten hatten keine aktive Schicht, da das Blei nur in schwammiger

Form wirkt, und mußte diese Schicht erst durch den elektrischen Oxydationsprozeß aus dem metallischen Blei geschaffen werden. Es geschah dies durch fortwährendes Laden und Entladen des Sammlers, bis sich auf den Platten eine genügend starke Schicht wirksamer Masse erzeugt hatte, um die gewünschte Menge Elektrizität aufnehmen und wiedergeben zu können. Diese Operation, das Formieren, erwies sich jedoch als so kostspielig, daß man versuchte, in die Bleiplatten, die infolgedessen zu Gittern ausgebildet wurden, solche Stoffe einzuführen, welche sich unter Einwirkung des elektrischen Stromes rasch in wirksame Schichten umsetzen ließen. Es entstanden auf diese Weise die sogenannten Paste-Akkumulatoren.

Die Paste-Akkumulatoren oder Akkumulatoren mit Pasteplatten haben jedoch insofern große Nachteile, als bei den positiven Platten die wirksame Masse ihr Volumen stark vergrößert und dadurch ein Krümmen, Werfen oder Brechen der Platten, sowie ein Ausbröckeln der Masse herbeiführen kann. Bei den negativen Platten macht sich dieser Übelstand wenn auch etwas weniger, und zwar im entgegengesetzten Sinne, geltend. Die negative Masse schwindet bei starker Beanspruchung oder bei längerem Gebrauche einer Batterie, lockert sich in dem Bleiträger und verliert dadurch den Kontakt mit dem Metallgerüste ganz oder teilweise, wodurch sich auch der Widerstand wesentlich erhöht. Man griff daher teilweise zu der reinen Bleiplatte zurück, gestaltete sie jedoch in der Form so aus, daß sie eine möglichst große Oberfläche bietet und die durch die vorhergehende Formierung gewonnene wirksame Masse weniger in die Tiefe einzugreifen braucht. Es wird durch die Verteilung auf eine große Fläche das ersetzt, was auf der anderen Seite verloren geht.

Die chemischen Vorgänge spielen sich vorerst nur an der Oberfläche ab und pflanzen sich erst allmählich bis in das Innere fort. Bei kleinerer Oberfläche vollzieht sich die Umwandlung viel langsamer, da wegen der starken Ausdehnung und Zusammenziehung der in dicker Schicht aufgetragenen wirksamen Masse sowohl bei Ladung als auch Entladung nicht forciert gearbeitet werden darf. Ist jedoch die wirksame Schicht dünn, so erfolgt die chemische Umwandlung viel rascher, ohne daß hierdurch eine Gefährdung der Platte zu befürchten ist. Es vertragen daher diese Platten sowohl eine forcierte Ladung als auch eine forcierte Entladung, ohne dabei gefährdet zu werden.

Die Inanspruchnahme der Akkumulatoren ist bei der elektrischen Zugbeleuchtung für die Entladung, da diese langsam und gleichmäßig vor sich geht, eine geringe. Hingegen ist die Zeit für die Aufladung oft sehr kurz, man muß daher zur forcierten Ladung greifen, um in kurzer Zeit genügend Energie für den Beleuchtungsbedarf aufspeichern zu können. Es bieten sonach die Großoberflächenplatten, welche eine solche Behandlung für die Dauer vertragen, insbesondere für die elektrische Zugbeleuchtung große Vorteile.

Man bildet jedoch nur die positiven Platten als Großoberflächenplatten aus, und verwendet dagegen als negative Platten allgemein Pasteplatten.

Der innere Widerstand ist, da als Elektrolyt nur verdünnte Schwefelsäure verwendet wird und keine Diaphragmen notwendig sind, äußerst gering und steigt selten höher als auf 0·2 Ohm. Auch ändert sich der innere Widerstand während der Ladung und Entladung nur wenig.

Die Endspannung der Akkumulatoren nach vollendeter Ladung beträgt 2·4 bis 2·7 Volt. Die Durchschnittsspannung kann jedoch mit rund zwei Volt angenommen werden. Die Spannung sinkt bei der Entladung anfänglich sehr langsam, fällt aber, sowie diese sich ihrem Ende nähert, sehr schnell ab. In der Praxis betrachtet man die Entladung für beendet, sobald ein Spannungsabfall von 5 bis 10% eingetreten oder die Spannung auf 1·9 bis 1·8 Volt herabgesunken ist.

Die Kapazität des Akkumulators oder die in Amperestunden gemessene Elektrizitätsmenge, welche sich bei der Entladung ergibt, ist in gewissem Maße von der Stärke des Entladestromes abhängig. Je geringer der Entladestrom ist, desto größer ist auch die nutzbar rückzugewinnende Elektrizitätsmenge. Bei rascher Entladung bildet sich eine Oberflächenschicht von Bleisulfat, welche dem weiteren Eindringen des Elektrolytes ein gewisses Hindernis entgegensetzt. Je dichter diese Schicht ist, desto mehr verlangsamt sie den Zutritt des Elektrolytes, welches als Träger der Entladung anzusehen ist. Aus diesem Grunde geben auch Akkumulatoren, welche nach anscheinend vollständiger Entladung längere Zeit der Ruhe überlassen werden, wieder Strom ab, da das Elektrolyt mittlerweile weiter in die Masse eingedrungen ist und den noch nicht beeinflußt gewesenen Teil zur Wirksamkeit bringt.

Beim Laden der Akkumulatoren wird eine höhere Spannung notwendig, als jene Spannung ist, welche diese Sammler annehmen. Mit zunehmender Spannung des Akkumulators durch die Ladung muß auch die Ladespannung erhöht werden.

Es ist im allgemeinen besser, die Ladespannung immer nur unbedeutend höher zu halten, als die jeweilige Spannung des Akkumulators beträgt, sie demnach mit zunehmender Spannung des Akkumulators schrittweise entsprechend zu erhöhen. Dieser Vorgang ist aber für die Aufladung der Akkumulatoren für Zugbeleuchtung nicht immer anwendbar und ladet man daher diese Akkumulatoren zumeist mit stets gleichbleibender, die Endspannung der Akkumulatoren überschreitenden Spannung. Je höher diese Spannung wird, desto rascher ist die Aufladung möglich. Man ladet die Batterien daher gewöhnlich mit einer gleichbleibenden Spannung von 2·36 bis 2·7 Volt für die Zelle. Das Aufladen mit gleichbleibender Spannung findet besonders vorteilhaft bei Akkumulatoren der Plantétype Anwendung.

Ein geladener Akkumulator behält seine Kapazität durch Monate hindurch fast vollständig. Bei einem ganz oder teilweise entladenen Akkumulator geht das gebildete Bleisulfat bei längerem Stehenlassen in den kristallinischen Zustand über, in welchem es sich nur schwer wieder durch den Strom zersetzen läßt. Die Platten nehmen dadurch nicht nur an Leistungsfähigkeit ab, sondern zeigen auch große Neigung, sich auszudehnen und zu krümmen und können dann leicht innere Kurzschlüsse hervorrufen, die die Platten in kurzer Zeit vollständig zerstören und unbrauchbar machen. Ähnliche Einwirkungen machen sich bemerkbar, wenn wiederholt Entladungen unter die zulässige Spannungsgrenze auftreten oder die Elemente dauernd ungenügend aufgeladen werden. Auch Entladungen über die zulässige Stromstärke beeinflussen aus den bereits bekannt gegebenen Ursachen die Lebensdauer der Platten. Es ist daher in der Behandlung auf alle diese Umstände Rücksicht zu nehmen.

Großen Einfluß übt auch die Qualität der verwendeten Schwefelsäure aus und erweisen sich Beimengungen von Arsen- und Salpetersäure als verderblich. Die Schwefelsäure soll nahezu chemisch rein sein und ist jedesmal vor Gebrauchnahme zu untersuchen und jedes den Anforderungen nicht entsprechende Fabrikat auszuscheiden.

Auch der richtige Grad der Konzentration der Schwefelsäure ist zu beachten. Die Dichte der Schwefelsäure ist nun von dem Ladezustand der Zelle abhängig und wird nach vollendeter Ladung, da sich alles Bleisulfat zerlegt hat und die frei gewordene Schwefelsäure in das Elektrolyt übertritt, am größten. Beträgt demnach die Dichte der Säure vor der Ladung etwa 1·19, so wird sie nach beendeter Ladung ihren Höchstwert, und zwar etwa 1·22 erhalten.

Durch die Zersetzung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff, welche beide nach Beendigung der Ladung gasförmig entweichen, wird die Schwefelsäure im Laufe der Zeit immer mehr und mehr konzentriert. Sie ist daher durch Nachfüllen von destilliertem Wasser auf den ursprünglichen Konzentrationsgrad zu bringen.

Der Zustand jeder Zelle ist von Zeit zu Zeit zu prüfen. Es genügt hierbei zu beobachten, ob jede Zelle nach beendigter Ladung Gas entwickelt. Jeder Fehler zeigt sich durch Zurückbleiben der Gasentwicklung im Elemente sofort an.

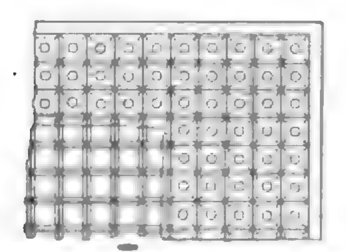


Abb. 21. Platte von Huber.

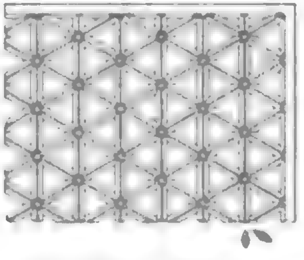


Abb. 22. Oerlikonplatte.

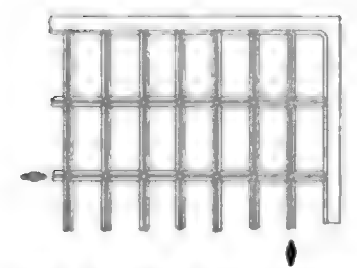


Abb. 23. Platte der Akkumulatorenfabrik A.-G. Wien.

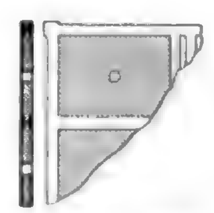


Abb. 24. Platte von Boese & Co.

β) Die verschiedenen Formen der verwendeten positiven Platten.

In größerem Umfange finden für die Zugbeleuchtung die nachstehend angeführten Formen der positiven Platten Anwendung.

Die Platte von Huber (Abb. 21) besteht aus einem quadratischen Gitter, in dessen Öffnungen die wirksame Masse eingepreßt wird. Um die Zirkulation der Flüssigkeit und deren Eindringen in die wirksame Masse zu erleichtern, ist die Masse mit Löchern versehen.

Die Platte der Akkumulatorenfabrik Oerlikon. Das Gitter hat (Abb. 22) dreieckige Öffnungen zur Aufnahme der wirksamen Masse.

Die Platte der Akkumulatorenfabrik A.-G. Wien hat rechteckige Felder zur Aufnahme der wirksamen Masse. (Abb. 23.)

Die Platte der Akkumulatoren- und Elektrizitätswerke A.-G., vormals Boese & Co. Der Rahmen aus sehr harter Legierung weist rechteckige Ausschnitte aus. Die wirksame Masse ist perforiert. (Abb. 24.)

Die Platte von Gottfried Hagen hat breiten Rahmen und enge Öffnungen zur Aufnahme der wirksamen Masse. (Abb. 25.)

Die Platte von Laurent-Cély (Abb. 26) ist mit quadratischen Aussparungen und Doppelwandungen versehen.

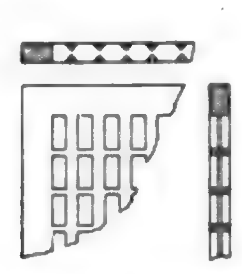


Abb. 25. Platte von Gottfried Hagen.

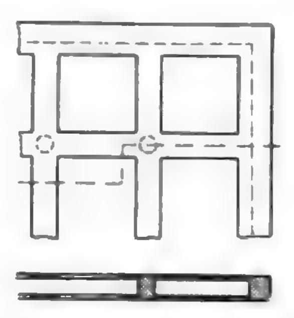


Abb. 26. Platte von Laurent-Cély.

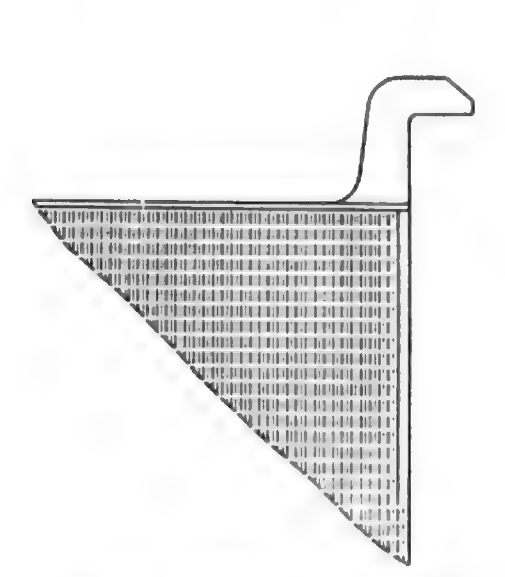


Abb. 27. Platte der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen.

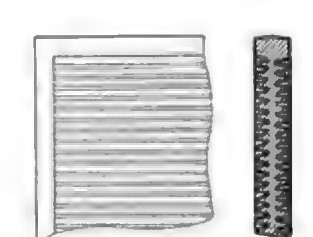


Abb. 28. Platte der Electrical Power Storage Co.

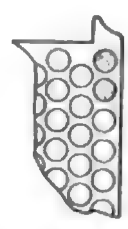


Abb. 29. Platte der Electric Storage Battery Co.

Die Platte der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen i. W. ist eine Oberflächenplatte, deren Oberfläche durch die Art der Ausbildung gegenüber einer Bleiplatte gleichen Umfanges etwa achtfach größer ist. (Abb. 27.)

Die Platte der Electrical Power Storage Co. ist eine geriefelte Platte mit Mittelwand, in deren Vertiefungen die wirksame Masse eingetragen wird. Diese Platte kann gleichfalls als Oberflächenplatte angesehen werden. (Abb. 28.)

Die Platte der **Electric Storage Battery Co.**, in **Philadelphia** ist eine gelochte Bleiplatte, in deren Löcher an der Oberfläche formierte Spiralen aus Bleiband eingepreßt werden. (Abb. 29.)

Die Platte von **Leitner**. Gleichfalls eine Oberflächenplatte von zellularer Konstruktion ohne Mittelwand, bei welcher große Oberfläche mit fester Konstruktion und verhältnismäßig geringem Gewicht vereinigt sind. (Abb. 30.)

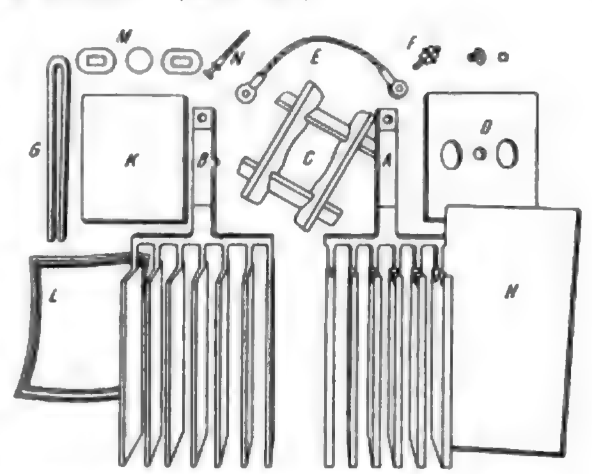


Abb. 30. Platte und Zubehör von H. Leitner.

γ) Der Einbau der Platten.

Bei den der Zugbeleuchtung dienenden Akkumulatoren sind beim Einbau Temperaturschwankungen und Erschütterung zu berücksichtigen, um sie vor diesen Einflüssen zu schützen. Der Einbau muß dabei aber einfach sein, um das Element in seinem Verhalten bei der Ladung und im Aussehen der Platten beobachten und auch in Ordnung halten zu können. Die Flüssigkeit ist bei heftigen Stößen am Ausspritzen zu hindern, die sich bildenden Gase müssen aber dennoch entweichen können. Sie sind daher mit einem dicht abschließenden Deckel zu versehen.

Die Gefäße zur Aufnahme der Platten bestehen zumeist aus Hartgummi. Glasgefäße werden wegen ihrer großen Gebrechlichkeit für die in Rede stehenden Zwecke nur selten verwendet. Mit Blei ausgefütterte Holztröge sind zwar billiger als Hartgummigefäße, aber viel schwerer und nicht so haltbar, daher weniger zu empfehlen. Zelluloidgefäße sind durchsichtig und lassen sich mit Amylazetat leicht und vollkommen abdichten, sind auch widerstandsfähig, können aber für Elemente, die mit großen Stromstärken geladen werden, nicht in Verwendung kommen, da sich diese dann erwärmen, in welchem Falle das Zelluloid von der Säure angegriffen wird. Der Deckel wird bei Hartgummigefäßen entweder durch ein Gemisch aus Stearin und Paraffin oder durch einen Gummikitt, bei Zelluloid durch

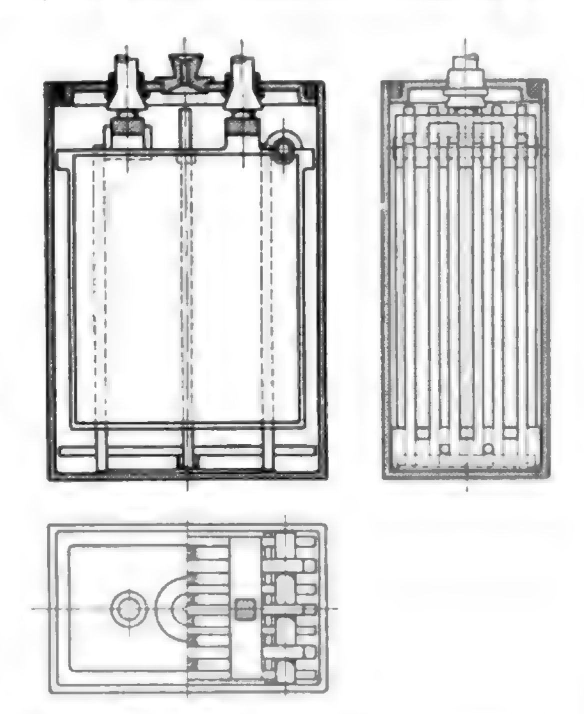


Abb. 31. Akkumulator der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin.

Amylazetat abgedichtet. Bei Holzgefäßen wendet man zumeist eine Dichtung aus Weichgummi an, auf welche der Deckel fest aufgepreßt wird. Zum Austritt der Gase, sowie zum Nachfüllen der Schwefelsäure sind besondere Öffnungen im Deckel vorgesehen, die entsprechend abgeschlossen werden. Zumeist sind besonders konstruierte Ventile angeordnet, die das

Abb. 32. Batterietrog, Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin.

Entweichen der Gase nicht aber auch das Ausdringen von Flüssigkeit gestatten. Sowohl die positiven, als auch die negativen Platten eines Elementes werden untereinander mit Bleileisten zu einem Ganzen verbunden und die positiven bzw. negativen Bleikörper voneinander durch Glasrohre, Ebonitstäbe, gewellte und perforierte Ebonitscheiben oder unmittelbar an die Gefäßwand angebrachte Rippen gut isoliert.

Mehrere solcher Elemente werden sodann, sowohl wegen des leichteren Transportes als auch zum Schutze gegen äußere Einflüsse, in zumeist mit

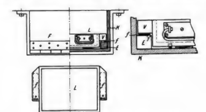


Abb. 33. Batterielade, Jura-Simplonbahn.

Handgriffen versehene Holzkästen eingebaut, in deren Außenwände die Pole münden. Diese Holzkästen sind innen vollkommen abgedichtet, mit einem säurebeständigen Anstriche versehen oder mit dünnem Bleibleche ausgekleidet.

Abb. 31 zeigt den Einbau der Platten in einem Elemente der Akkumulatoren-Fabrik A.-G. Berlin, Hagen i. W. und Abb. 32 die Unterbringung der Elemente in einem Kasten, und zwar werden hier vier Elemente in einem Kasten vereinigt. Die Platten sind bei diesen Elementen

Digitized by Google

zwischen Hartgummikämme eingebaut, deren Zinken zur Führung und Isolierung dienen. Die negativen Platten ruhen auf den Leisten der Kämme auf. Der positive Plattensatz wird von dem negativen unter Zwischenlage von Hartgummistücken getragen. Die gegenseitige Verbindung der Elementkasten erfolgt durch flexible Kabel mit Kontaktstöpseln, die in entsprechende an den Elementkasten angebrachte Hartbleiösen passen.

Die Jura-Simplonbahn verwendet dreiteilige Hartgummigefäße, wovon jedes Abteil ein vollständiges Element aufnimmt. Je drei solcher Gefäße werden in einer gemeinsamen Holzlade untergebracht, die in einen starken an der Unterseite des Wagens befestigten Holzkasten (Abb. 33) eingeschoben werden. Die Laden haben an der Seite zwei seitliche Vorsprünge *v*, an deren Unterseite je eine kräftige Kupferfeder *f* befestigt ist, welche mit dem positiven bzw. negativen Pole der Batterie verbunden wird. In dem Kasten *K* finden sich zwei korrespondierende Einschubleisten *E*, an deren Oberseite sich ebensolche Kupferfedern vorfinden, die wieder mit den beiden Hauptwagenleitungen in Verbindung stehen. Durch das einfache Einschieben der Laden wird die Leitungsverbindung hergestellt. Es ist diese Einrichtung für eine Akkumulatorenbeleuchtung geschaffen, bei welcher die Batte-

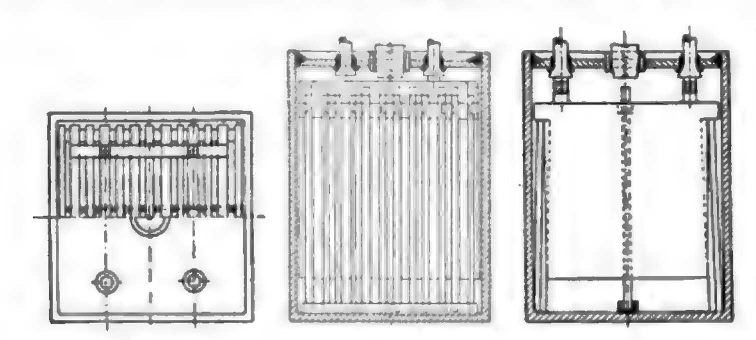


Abb. 34. Einbau der Elemente, Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin.

rien nicht im Zuge geladen, sondern zum Zwecke der Ladung herausgenommen und durch geladene Batterien ersetzt werden sollen. Da das bedeutende Gewicht der Batterie einen guten Kontakt sichert, gestaltet sich die Auswechselung der Batterien verhältnismäßig sehr einfach.

Überall dort, wo die Ladung der Batterie im Zuge erfolgen soll, werden eigene abschließbare Stöpselhülsen vorgesehen, in welche die Stöpsel der bis an den Wagen zugeführten Ladekabel eingesteckt werden können.

Abb. 34 und 35 zeigen den Einbau der Elemente und einen Batteriekasten, wie solche von der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin-Hagen für die Dänischen Staatsbahnen geliefert wurden. Der Einbau der Platten erfolgt auf Glasscheiben, die an der Oberseite kammartige Ausschnitte haben, in welche die mit seitlichen Vorsprüngen versehenen Platten eingelegt werden. Die einzelnen Elemente werden mit Glasdeckeln abgeschlossen. Die Verbindung der Elementkasten erfolgt selbsttätig durch Kontaktschienen an der Unterseite der Kasten, welche auf entsprechende Schienen am Gestell, das zur Aufnahme der Batterien dient, aufgestellt werden.

Abb. 36 und 37 geben den Einbau der Platten und Elemente für die Batterien wieder, welche für die deutsche Reichspostverwaltung zur Beleuchtung der Postwagen von den Akkumulatoren- und Elektrizitäts-

werken vormals Boese & Co. geliefert wurden. Die Zelluloidgefäße sind zur Trennung der Platten mit Rippen versehen.

Bei den für die Zugbeleuchtung der ostchinesischen Bahn verwendeten Akkumulatoren werden je drei positive und vier negative Platten in ein Ebonitgefäß (Abb. 38) eingebaut. Die Gesamtheit der negativen Platten stützt sich auf besondere im Innern des Gefäßes befindliche Vorsprünge. Diese Platten haben an der Oberseite halbkreisförmige Aussparungen, auf welche dickwandige Glasrohre zu liegen kommen. Diese Glasrohre tragen die positiven Platten, welche mittels an den Platten vorgesehener Ösen auf die Glasrohre aufgehängt werden. Zur Isolierung der Platten dienen dünne Glasröhrchen, die zwischen je zwei Platten eingesteckt, mit ihrem unteren Ende in Vertiefungen ruhen, welche in das Ebonitgefäß eingelassen sind. Oben werden diese Glasröhrchen durch Quervorsprünge an den negativen Platten festgehalten. Je 13 bis 14 solcher Elemente werden in besondere Kästen aus Eichenholz

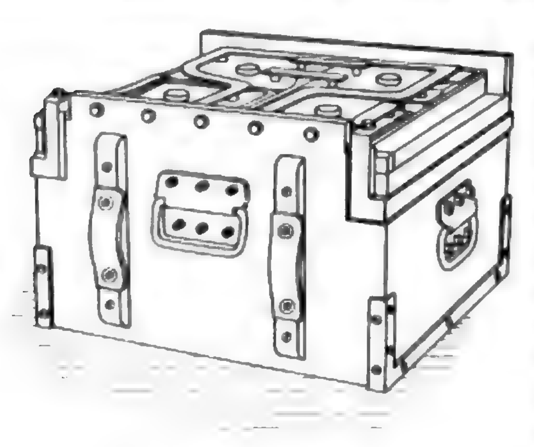


Abb. 35. Batteriekasten der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin.

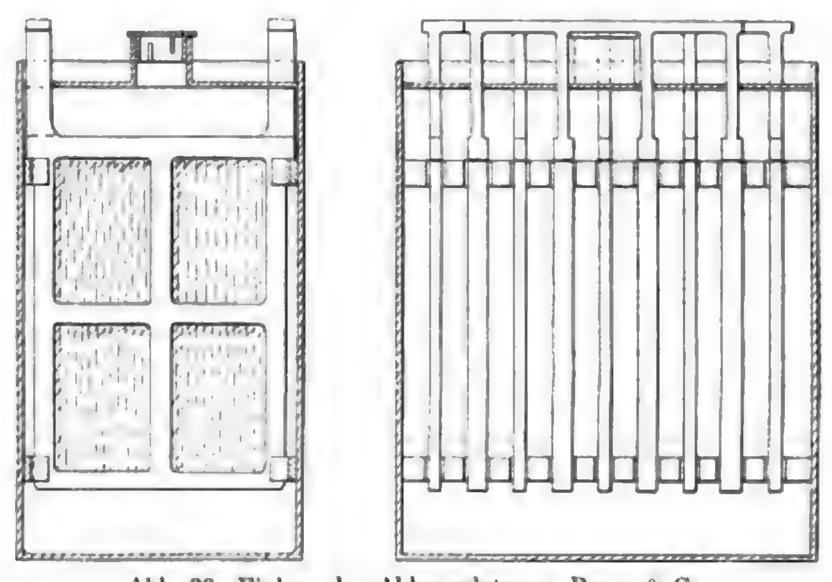


Abb. 36. Einbau der Akkumulatoren. Boese & Co.

(Abb. 39), die innen mit einem Belag von Isolazit versehen sind, eingesetzt. Zur Verringerung der Berührungsflächen der nebeneinander gestellten Gefäße sind diese mit im Quadrate stehenden halbkreisförmigen Buckeln versehen. Wegen der großen Kälte zur Winterszeit, bei welcher die Temperatur nicht selten bis — 35° C fällt, werden diese Batterietröge zur Sicherung gegen das Einfrieren, in unterhalb des Wagens angebrachte Holzkasten von besonderer Einrichtung eingesetzt. Diese Kasten sind aus 38 mm

Digitized by Google

starken Dielen hergestellt und durchaus doppelwandig. Der 30 mm starke Zwischenraum ist mit einer Korkeinlage ausgefüllt. Im Inneren sind diese Kasten mit Blei ausgekleidet und am Boden mit Ablaufrillen versehen. Die Batterietröge werden zu je vier Stück in einen solchen Kasten eingeschoben. Um ein Verschieben der Tröge hintanzuhalten, werden sie durch an der Türe und an der Rückwand des Kastens befestigte Gummipuffer festgeklemmt. (Abb. 40.)

Abb. 37. Batterietrog, Boese & Co.

Besondere Einrichtungen weisen die Akkumulatoren von Leitner auf. Die Platten sind hier in Tröge aus Teakholz gestellt. Innen sind diese Tröge mit Blei ausgekleidet. Die Tröge haben an der Vorderseite zwei Längsschlitze, die zur Aufnahme eines Flüssigkeits- bzw. eines Dichtigkeitsanzeigers dienen. Diese bestehen aus zwei Glasröhren, die mit der Flüssigkeit kommunizieren. In die untere Glasröhre sind vier Glasperlen von verschiedener Farbe und verschiedenem spezifischem Gewichte eingelegt, die je nach der Dichte bzw. dem spezifischen Gewichte des Elektrolytes entweder einzeln oder zu zweien bzw. zu dreien und vieren in der Flüssigkeit schwimmen. Es läßt sich aus der Anzahl und der Farbe der schwimmenden Perlen sofort das jeweilige spezifische Gewicht der Flüssigkeit erkennen und danach der Ladungszustand des Elementes bemessen. Für die Trennung der Platten kommen zweierlei Einrichtungen in jeder Zelle zur Verwendung, und zwar (s. Abb. 30) Ebonitplatten *H* und *K*, die zwischen dem Brückenträger und dem Bleiboden, sowie zwischen den bleiverkleideten Wänden und den Schneiden der Platten eingestellt werden, und Ebonitgabeln *G*, die die Platten voneinander getrennt erhalten. Um ein Spritzen der Flüssigkeit zu verhindern, wird oben auf die Flüssigkeit ein durchlöchertes

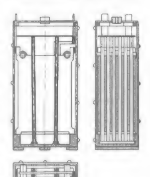


Abb. 38. Einbau der Elemente, Ostchinesische Bahn.

Brett *D* aufgelegt. Der Trog ist nach oben durch einen luftdicht abchließenden Deckel, der ein Ventil für den Austritt der Gase trägt, abgedeckt.

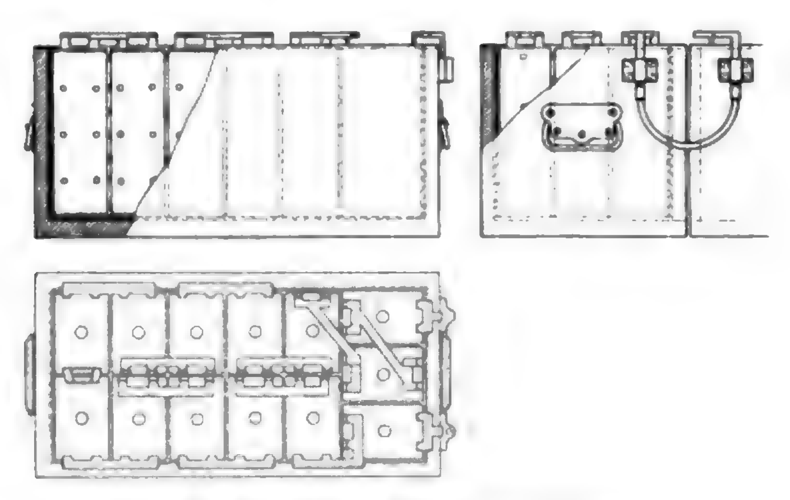


Abb. 39. Batterietrog, Ostchinesische Bahn.

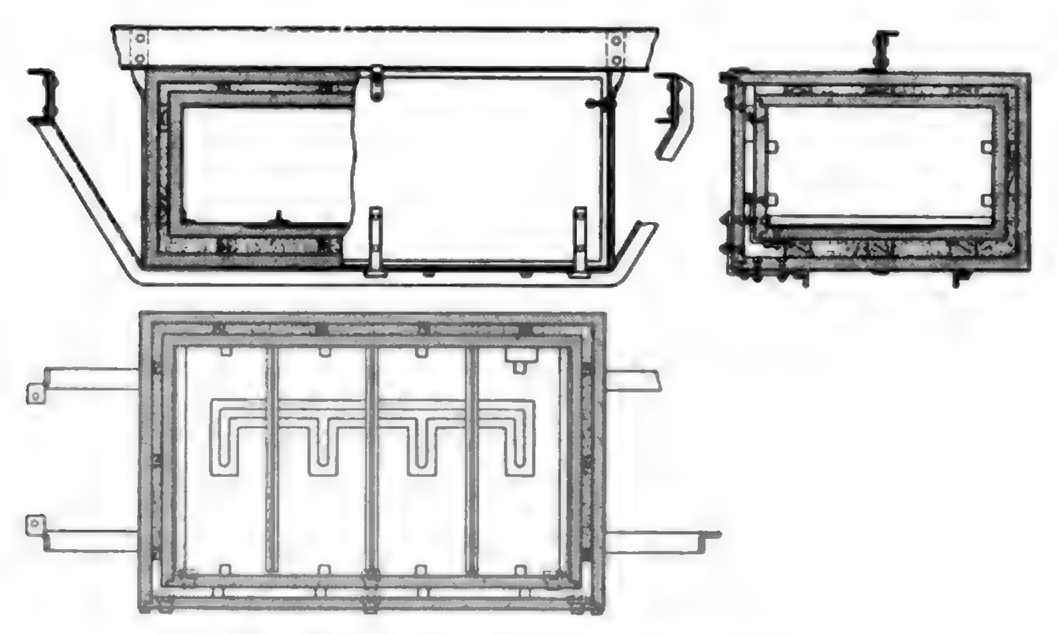


Abb. 40. Batteriekasten, Ostchinesische Bahn.

δ) **Gesamtbeleuchtung eines Zuges mit Akkumulatoren.**

Die ersten Bahnen, die die elektrische Akkumulatorenbeleuchtung mit Erfolg zur Einführung brachten, waren die Kapländischen Bahnen, die Lokalbahn Novara-Seregno, jetzt die Nord-Milanobahn, und die Jura-Simplonbahn. Die Ursachen lagen teilweise in besonders günstigen Verhältnissen, teilweise im äußerem Zwange, teilweise darin, daß man sich von den anfänglichen Mißerfolgen nicht abschrecken ließ.

Der Direktor der Kapländischen Bahnen schreibt bereits in seinem aus dem Jahre 1890 stammenden Berichte, daß sich die Einführung der elektrischen Beleuchtung für gewisse Strecken und Züge, was sowohl den Komfort der Reisenden, wie die Sicherheit betrifft, als ein großer Erfolg

erwiesen hat und beantragt, wegen der großen Gefahren, welche die Ölbeleuchtung mit sich bringt (hier dürfte wohl Petroleum gemeint sein) und welche bereits Ursache verschiedener Unfälle war, die elektrische Beleuchtung auf allen ihm unterstehenden Bahnstrecken einzuführen.

Bei den Schweizerbahnen lag eine gesetzliche Nötigung vor, eine bessere Beleuchtung einzuführen, und es blieb hier nur die Wahl zwischen der Ölgas- und der elektrischen Beleuchtung. Die von der Jura-Simplonbahn durchgeführten Versuche mit der elektrischen Beleuchtung, auf welche, durch die Möglichkeit billige Wasserkräfte zu verwerten, in erster Linie hingewiesen war, brachten den gewünschten Erfolg und zeigten schon die ersten Probefahrten, welchen Anklang die elektrisch erleuchteten Wagen bei den Reisenden fanden, da diese Wagen wegen ihrer guten Beleuchtung geradezu gestürmt wurden.

Bei der Gesamtbeleuchtung werden sämtliche, den Beleuchtungsstrom liefernde Batterien in einem eigenen Wagen untergebracht. Hierbei versorgt entweder eine Batterie den ganzen Zug oder es werden deren zwei aufgestellt, wobei dann jede gesondert eine Zughälfte mit Strom speist. Die zweite Anordnung ist aus dem Grunde vorzuziehen, weil für den Fall des Versagens einer Batterie doch noch eine Reserve vorhanden ist.

Die Vorteile dieser Art der Beleuchtung liegen erstens in der Ersparnis an Batterien, indem hier mit der gleichen Anzahl von Elementen für einen ganzen Zug das Auslangen gefunden werden kann, welche bei der Einzelwagenbeleuchtung für jeden Wagen notwendig ist. Werden zwei getrennte Stromkreise angeordnet, so erhöht sich die Zahl der Elemente auf das zweifache. Selbstredend muß die Kapazität der einzelnen Elemente um so vielfach größer gewählt werden, als Wagen gleichzeitig mit Licht zu versorgen sind, was durch Vermehrung bzw. durch Vergrößerung der Platten erreicht wird. Es findet demnach eine Gewichtsverminderung nur insofern statt, als die Tröge und das sonstige Zubehör gegenüber der Einzelwagenbeleuchtung geringer an der Zahl sind. Diese Tröge müssen aber wegen des größeren Rauminhaltes wieder fester gehalten werden. Die Gewichtsverminderung wird daher gegenüber der Einzelwagenbeleuchtung kaum beträchtlich sein.

Dagegen sind größere Akkumulatoren infolge ihrer Massigkeit widerstandsfähiger herzustellen, daher von größerer Haltbarkeit und lassen sich auch viel leichter überwachen und untersuchen, was durch die Verringerung ihrer Zahl und die Möglichkeit, sie übersichtlich aufzustellen, noch wesentlich erleichtert wird.

Auch gestaltet sich die Einrichtung für die Aufladung, wenn sie im Zuge erfolgt, und dies ist unter allen Umständen vorzuziehen, viel einfacher, da hier die Kabelzuführung nur für einen bzw. zwei Wagen erforderlich wird, wogegen bei der Einzelwagenbeleuchtung, will man nicht die Ladezeit unnötigerweise verzögern, ebensoviele Zuführungen benötigt werden, als die Höchstzahl der Wagen eines Zuges beträgt. Die Überwachung der Ladung vereinfacht sich hierdurch wesentlich.

Sind die Batterien in besonderen Wagen untergebracht, so ist auch die räumliche Beschränkung nicht so groß wie bei der Einzelwagenbeleuchtung, und man kann zur Erreichung einer höheren Betriebsspannung leicht mehr Elemente hintereinander schalten als bei der Einzelwagenbeleuchtung, bei welcher die Zahl der Elemente möglichst zu beschränken

Digitized by Google

gesucht wird. Eine höhere Betriebsspannung gestattet nun auch die Verwendung höhervoltiger Lampen, welche bei sonst gleichem Wattverbrauch viel dauerhafter herzustellen sind, als die niedervoltigen Kohlefadenlampen. Der Verbrauch und somit auch die Ökonomie der Lampen werden dadurch günstiger ausfallen. Dies ist jedoch nur bei Gebrauch von Lampen mit Kohleglühfaden der Fall, während die niederwattigen Lampen mit Metallglühfaden bei gleichbleibender Brenndauer für niedrige Spannungen sich leichter herstellen lassen. Diese Metallfadenlampen gelangen jetzt allmählich zur Einführung.

Als Nachteile dieser Art der Zugbeleuchtung sind anzuführen: 1. Die Notwendigkeit, die Wagen untereinander elektrisch zu kuppeln, und 2. daß bei einem Zerreißen des Zuges der abgerissene Teil unbeleuchtet bleibt. Der zweite Nachteil kann jedoch durch Unterbringen von je einer Batterie im ersten und letzten Wagen des Zuges beseitigt werden. Die elektrische Kuppelung hat immer etwas Mißliches und wird daher gerne umgangen. Sie muß stets mit der größten Sorgfalt durchgeführt werden. Ist es nun auch gelungen, verläßliche Kuppeln zu schaffen, welche den fortwährenden Erschütterungen Widerstand leisten, so liegt doch die stete Gefahr vor, daß die elastischen Kabelschnüre im Laufe der Zeit, namentlich nahe den Einbindungsstellen, brechen. Die Kuppelung als solche muß in der Regel sehr rasch durchgeführt und zumeist den gewöhnlichen Bahnarbeitern überlassen werden. Von diesen Organen ist eine durchaus sachgemäße Behandlung schwerlich zu erwarten, es ist daher auch zu befürchten, daß ein Versagen in der Beleuchtung durch Kuppelungsfehler eintreten kann. Auch ist vom Betriebsstandpunkte eine Vermehrung der ohnedies zahlreichen Wagenverbindungen durchaus unerwünscht.

Es kann sonach diese Art der Zugbeleuchtung mit Vorteil nur bei Turnuszügen Anwendung finden, die immer gleichbleibend zusammengestellt sind und bei welchen für die Ab- und Anstellung der Wagen in den Abzweigstationen ausreichend Zeit ist, um die Kuppelungen durchaus entsprechend durchführen und auch kontrollieren zu können.

Die älteste Anlage dieser Zugbeleuchtungsart wurde auf der Helsingborg mit Christiania verbindenden Bahn i. J. 1892 eingerichtet. Es kamen zwei Batterien zu je 28 Elementen (System der Electric Power Storage Co.) für 50 Volt Betriebsspannung zur Anwendung, deren eine im ersten, die andere im letzten Wagen jedes Zuges aufgestellt war. Als Beleuchtungskörper dienten achtkerzige Glühlampen. Diesem Beispiele folgten bald eine Anzahl schwedischer Privatbahnen nach.

In größerem Umfange findet diese Art der Zugbeleuchtung bei den Dänischen Staatsbahnen Anwendung und ist jetzt fast auf allen Linien eingeführt.

Auch hier ist die Trennung der Batterien in zwei Abteilungen strenge durchgeführt, indem sich sowohl im ersten, als auch im letzten Wagen des Zuges je zwei Batterien zu je 36 Elementen befinden. Jede dieser Batterien hat eine Kapazität von 130 Amperestunden bei 6 Ampere Entladestrom. Die Ladung erfolgt mit 35 Ampere. Kleinere Züge haben nur zwei Batterien, und zwar je eine im ersten und eine im letzten Wagen.

Im Zuge befinden sich zwei vollständig gesonderte Stromkreise (Abb. 41) und arbeiten die Batterien des einen Wagens parallel auf den einen, die Batterien des anderen Wagens parallel auf den zweiten Stromkreis. Die

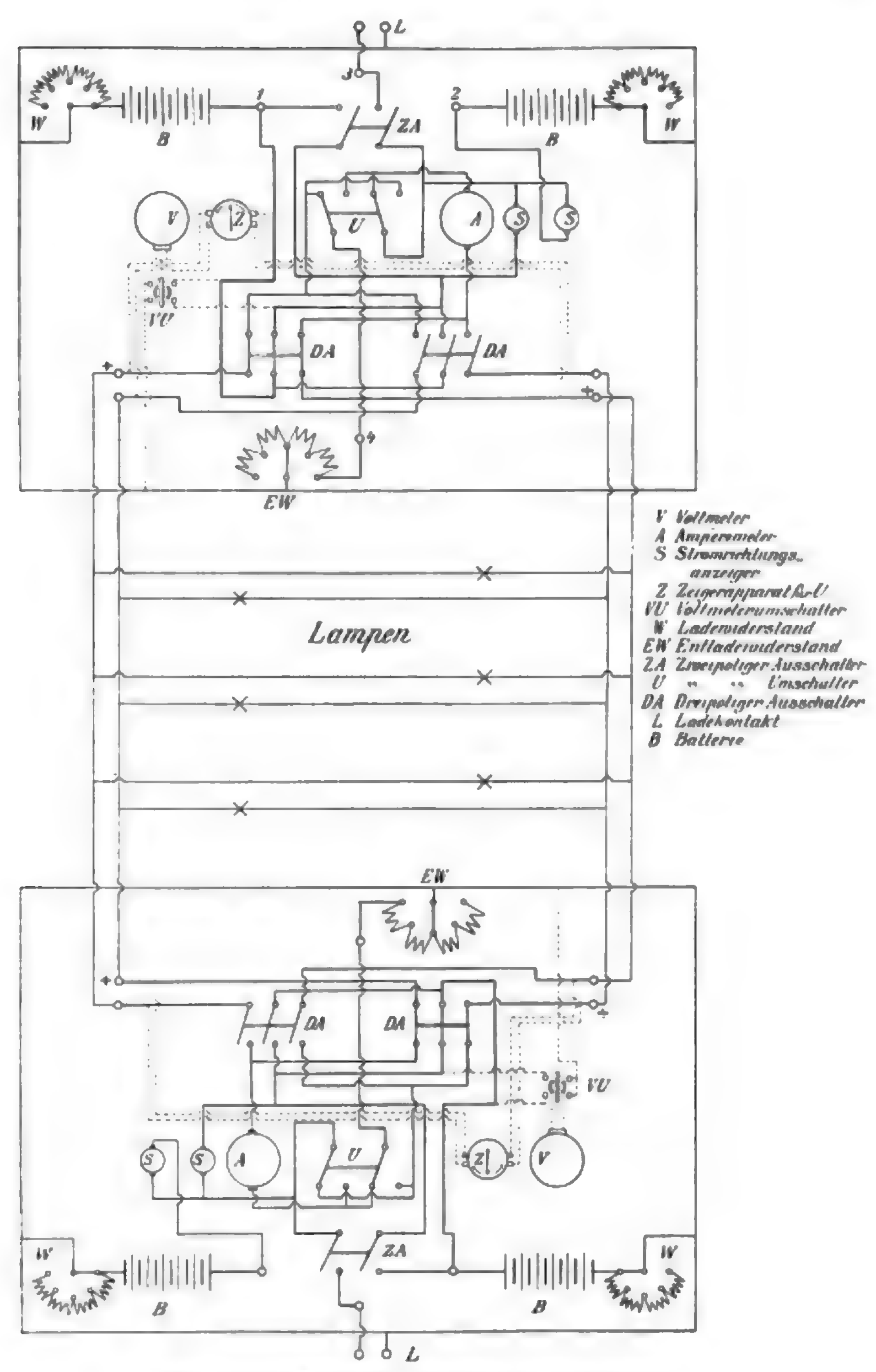


Abb. 41. Zugschaltung, Dänische Staatsbahnen.

vor jeder Batterie eingeschalteten kleinen Regulierwiderstände *W* dienen zur Regelung der Entladespannung, damit die beiden parallel geschalteten Batterien stets mit gleicher Spannung auf den Stromkreis arbeiten.

Zur Regelung der Spannung in den Lampenkreisen dient ein Reglerwiderstand mit 20 Abstufungen und einem Gesamtwiderstande von 8 Ohm.

Auf einer in jedem Batteriewagen angebrachten Schalttafel befindet sich ein Amperemeter *A*, ein Voltmeter *V*, die Ausschalter *DA* und *ZA*, zwei Stromrichtungsanzeiger *S* und je eine doppelpolige Bleisicherung zu 10 Ampere für jede Batterie. *Z* ist ein Zeigerapparat, welcher jene Leitung anzeigt, die von dem Beleuchtungswagen mit Strom zu versorgen ist. Der Umschalter *U* wird nach jener Seite hin geschaltet, nach welcher der Zeiger ausschlägt, wenn *DA* geschlossen ist. Es wird dadurch bewirkt, daß sich auf der einen Seite die beiden positiven, auf der anderen Seite die negativen Hauptleitungen befinden, ohne Rücksicht auf die Seite, auf welcher der Batteriewagen an den Zug angeschlossen ist.

Die verwendete Kuppel zur elektrischen Verbindung der Wagen, Konstruktion Busse und Bruun, besteht (Abb. 42) aus zwei Teilen, deren jeder mit isolierten Kontaktstücken *B* und *C* versehen ist. Die Isolierung der Kontakte gegeneinander und gegen das gußeiserne Gehäuse besteht aus

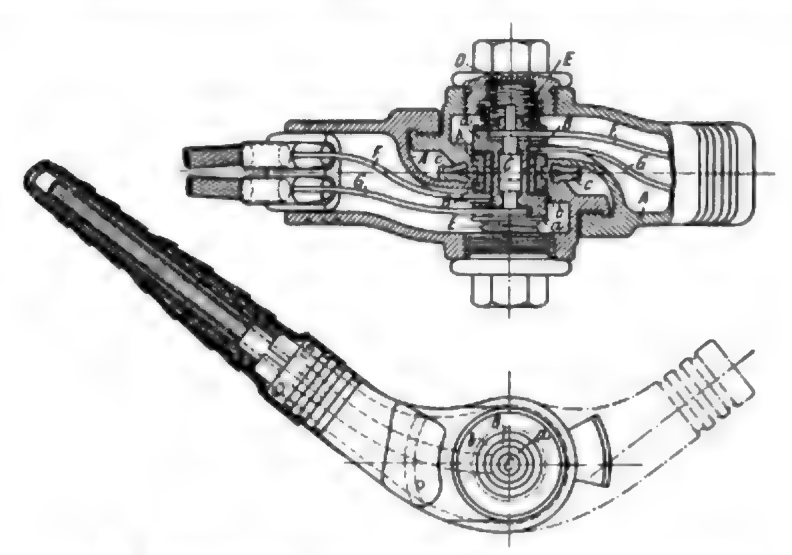


Abb. 42. Elektrische Wagenkuppel, Dänische Staatsbahnen.

Hartgummiringen *a* und *b*. Das Gehäuse hat genau die Form der Schlauchmundstücke der Westinghouse-Bremse, und die beiden Hälften sind gegeneinander durch 2 mm dicke Gummiringe abgedichtet.

Der positive Leiter ist in der Mitte der Kuppel, der negative rings um den ersten angebracht. Die beiden Kuppelungshälften sind nicht gleich, dies ist jedoch, da jeder Wagen immer mit zwei Leitungen versehen ist, ohne Belang, indem die Kuppelungshälfte mit hervorstehendem Mittelkontakt über dem Puffer mit gewölbter Scheibe, die andere Hälfte mit der versenkten Mitte über der flachen Pufferscheibe angebracht ist. Die Kontaktstücke der beiden Hälften werden durch die Spiralfedern *D* und *E* aneinandergedrückt und sind mit den Kupferleitern *F* und *G* verlötet. Diese beiden Leiter sind sowohl gegeneinander, als gegen das Gehäuse gut, jedoch so isoliert, daß eine geringe Bewegung der beiden Leiter möglich ist. Die Kontaktflächen sind im Verhältnis zur Stromstärke sehr reichlich bemessen und werden durch die drehende Bewegung beim Einkuppeln stets rein gerieben. Die Form der Hülsen bedingt ein selbsttätiges Öffnen der Kuppelung, wenn der Wagen vom Zuge abgekuppelt wird.

Die durch diese Kuppel zu verbindenden Leitungen werden in

eine an der Stirnseite der Wagen angebrachte Verbindungsmuffe (Abb. 43) eingeführt und von den Schrauben *AA* festgehalten. Die Hauptleitungen werden, wenn sie an die Wagendecke verlegt sind, an den Kontaktstücken *CC* festgeschraubt und durch Bleisicherungen *DD* mit den Kuppelungsleitungen in Verbindung gebracht. Sind die Hauptleitungen jedoch im Inneren der Wagen verlegt und dortselbst bereits mit Bleisicherungen ausgerüstet, so werden sie unmittelbar an den beiden Kontaktschrauben *BB* befestigt. Diese Verbindungsmuffe wird durch einen Deckel *O* mittels der Schraube *P* abgeschlossen.

Je vier Elemente (Abb. 34 und 35) sind in einen Holzkasten eingebaut, welcher an den Seiten Kontaktschienen besitzt, zu welchen die Außenpole der in Reihe geschalteten Elemente geführt sind. In den Wagen sind Regale in drei Etagen mit je drei Fächern eingebaut. In den einzelnen Fächern finden sich den Kontaktschienen entsprechende Federn, durch welche beim Einschieben der Elementkasten die leitende Verbindung selbsttätig hergestellt wird. An der Vorderseite der Kasten sind Polplatten angebracht, die mit den Polen der einzelnen Elemente in Verbindung stehen, so daß die Spannung jedes einzelnen Elementes gemessen werden kann, ohne den Kasten herausziehen zu müssen. Unter den Kasten befinden sich in den Fächern Bleigefäße, um etwa austropfende Schwefelsäure aufzunehmen. Durch diese Art der Unterbringung der Batterien können die einzelnen Batteriekasten leicht und einfach ohne Lösung irgendwelcher Verbindung herausgenommen und vertauscht werden.

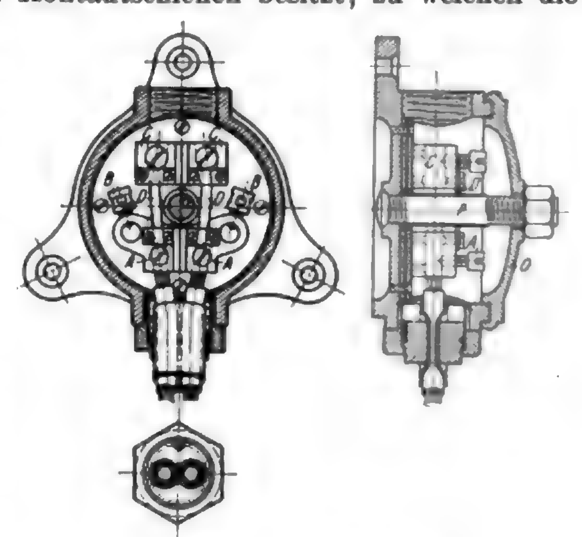


Abb. 43. Verbindungsmuffe, Dänische Staatsbahnen.

Die Batteriekasten lassen sich auch für die Einzelwagenbeleuchtung verwenden, ohne einer Änderung unterzogen werden zu müssen.

Jedes der Elemente besteht aus sechs positiven und sieben negativen Platten von 150 mm Höhe, 145 mm Breite und 7 bzw. 5 mm Dicke. Das Gewicht eines Elementes beträgt 18·5 kg, das eines Kastens mit 4 Elementen 85 kg, somit das einer Doppelbatterie von 72 Elementen 1·6 t.

Der durchschnittliche Entladestrom einer Batterie ist sechs Ampere, somit einer Doppelbatterie bei Parallelschaltung zwölf Ampere und reicht die Kapazität von 130 Amperestunden für einen 22stündigen Betrieb aus. Zur Aufladung einer gänzlich entladenen Batterie werden bei 33 Ampere Ladestrom $4^1/_2$ Stunden benötigt. Nach den bisherigen Erfahrungen müssen die negativen Platten nach $3^1/_2$ bis 4jährigem Betriebe mit neuer Füllmasse versehen und die positiven Platten nach fünf Jahren durch neue ersetzt werden.

Die Hauptleitungen mit einem Kupferquerschnitt von 50·5 qmm sind in Eisenrohren außen über das Wagendach verlegt und werden die Ab-

Digitized by Google

zweigleitungen von gußeisernen Verzweigungsbüchsen durch Bergmannrohre zu den Beleuchtungskörpern geführt.

Für jedes Wagenabteil sind zwei Lampen betimmt, deren jede in einen besondereren Stromkreis geschaltet ist, um für den Fall des Versagens eines Kreises die Beleuchtung wenigstens teilweise aufrecht zu erhalten. Die Leuchtkraft der Lampen beträgt 6 HK für die erste und zweite Klasse und 3 HK für die dritte Klasse. In den Durchgangswagen befinden sich 22 Lampen zu 6 HK. Jede Lampe verbraucht drei Watt für die HK.

Es stehen dermalen bereits gegen 1000 Wagen mit ungefähr 10000 Elementen im Betriebe und soll diese Art der Beleuchtung auf den Dänischen Staatsbahnen allgemein zur Einführung gelangen.

ε) Einzelwagenbeleuchtung mit Akkumulatoren.

Die Einzelwagenbeleuchtung hat weitere Verbreitung gefunden, wie die Gesamtbeleuchtung, weil die gegenseitige Unabhängigkeit der Wagen gewahrt und die leicht zu Anständen führende elektrische Kuppelung beseitigt ist.

Dem Mehrbedarf an Elementen sucht man durch Anwendung niederer Spannungen von 16 bis 32 Volt zu begegnen.

In der allgemeinen Anlage unterscheidet sich die Einrichtung wenig von der vorhergehend beschriebenen. Die Elemente unterhalb der Wagensitze unterzubringen, ist trotz der Billigkeit nicht zu empfehlen, da die Untersuchung der Elemente während der Fahrt bzw. des Stillstandes der Züge unmöglich wird, die Ausdünstungen der Elemente die Reisenden belästigen und bei ernsteren Unfällen die ausfließende Säure die ohnedies in einer bedrängten Lage befindlichen Reisenden noch weiter gefährden kann.

Die Elemente werden daher zumeist in eigenen am Wagenuntergestell befestigten Behältern untergebracht. In der Regel baut man zwei bis vier und auch mehr Elemente in einen mit Handgriffen und Anschlußklemmen versehenen Holzkasten ein. Die Verbindung der einzelnen Holzkästen miteinander und mit der Leitung vollzieht sich entweder selbsttätig (Abb. 33), oder man verwendet hierfür kleine biegsame Kabelschnüre, welche mit Schrauben- oder Stöpselkontakten versehen sind. Werden die entladenen Batterien gegen geladene umgetauscht, so ist der selbsttätigen Einschaltung der Vorzug zu geben. Die von den Batteriepolen ausgehenden Leitungen werden, um Kurzschlüsse unmöglich zu machen, in dem äußerst zulässigen Abstande voneinander an der Außenseite der Wagen in Gas- oder Bergmannrohre mit Metallmantel verlegt. Eine äußerst gute Isolierung der Drähte ist hierbei Grundbedingung.

Zu empfehlen ist es, zwei getrennte Stromkreise mit gemeinsamer Rückleitung anzuordnen und die Lampen abwechselnd in den einen und den anderen Stromkreis einzubinden, um auf diese Weise die Beleuchtung bei Versagen des einen Stromkreises wenigstens zur Hälfte aufrecht erhalten zu können. Es erfordert dies allerdings zwei getrennte Batteriesätze, aber es wird sich der hierdurch bedingte Mehraufwand unbedingt als nutzbringend erweisen.

In die Lichtleitungen werden entsprechend abgemessene Bleisicherungen, ein Hauptschalter und zweckmäßig noch ein Zeitzähler, welcher die Entladungsdauer der Batterie erkennen läßt, eingeschaltet. Diese

Apparate werden in einem wasserdicht abgeschlossenen Gehäuse untergebracht, welches außen an der Stirnwand des Wagens oder neben den Batteriebehältern zu befestigen ist. Die gewählten niederen Spannungen von 16 bis 32 Volt machen einen Spannungsregler entbehrlich.

Es ist gut, in den Batterien eine Reservezelle vorzusehen, die gegen Ende der Entladung zugeschaltet wird, insbesondere wenn die Batteriespannung 32 Volt überschreitet.

Man gibt den Batterien eine durchaus einheitliche Größe. Reicht eine solche Batterie für einen reicher zu beleuchtenden Wagen nicht aus, so verwendet man für diesen Wagen zwei oder mehrere Batterien, deren jede auf einem gesonderten Stromkreis arbeitet. Gut ist es, dabei die Schaltung so einzurichten, daß jede Batterie im Bedarfsfalle auf sämtliche Stromkreise geschaltet werden und die Beleuchtung des Wagens allein übernehmen

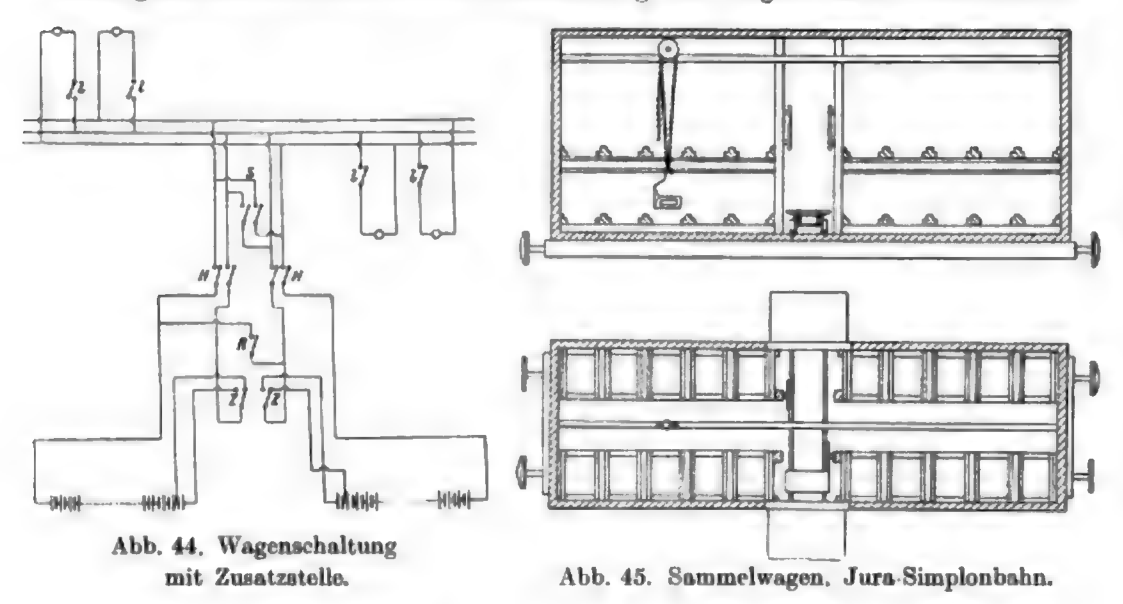


Abb. 44. Wagenschaltung mit Zusatzstelle.

Abb. 45. Sammelwagen. Jura-Simplonbahn.

kann, wie dies die Schaltung (Abb. 44) für zwei Batterien und zwei Stromkreise mit je einer Zusatzzelle für jede Batterie zeigt. *H* sind hier die Hauptschalter, *Z* die Zellenschalter, *L* der Schalter, durch welchen eine Batterie auf die beiden Stromkreise geschaltet werden kann, *l* die Lampenschalter und *R* ein Schalter, um die beiden Batterien für die Aufladung in Reihe schalten zu können.

Für die Art und Weise der Schaltung, wie für die Bemessung der Größe der Batterien sind vor allem maßgebend die Anzahl und die Lichtstärke der gleichzeitig zu versorgenden Lampen und die längste voraussichtliche Brenndauer. Letztere hängt von der Laufdauer der Wagen, sowie von den Stellen ab, an welchen sich die Ladestationen befinden.

Findet die Nachladung der Batterien nicht im Zuge statt, sondern werden die entladenen Batterien gegen geladene ausgewechselt, so können bestimmte Stationen als Depotstationen für geladene Batterien eingerichtet werden, in welchen der Umtausch der Batterien vorgenommen wird. Dieser Umtausch vollzieht sich bei guter Organisation sehr rasch und ist dann eine Vergrößerung der Batteriekapazität nicht notwendig.

Die Jura-Simplon-Bahn hat zu diesem Zwecke besondere Sammelwagen (Abb. 45) eingerichtet, die die entladenen Batterien aufnehmen und zur

Digitized by Google

Ladestelle rückbefördern. Die Aufladung erfolgt in den Sammelwagen selbst. Die Gestelle dieser Wagen bieten Raum für 40 oder 60 Batterien. Die geladenen Batterien werden mittels einer Hebevorrichtung, bestehend aus Laufkatze mit Flaschenzug, von den Gestellen herabgelassen und auf kleinen Transportwagen in den Depotraum gebracht von wo aus die entladenen Batterien in umgekehrter Reihenfolge, aber sonst gleicher Weise in den Sammelwagen eingeladen werden. In diesem Wagen befindet sich ein kleines Schaltbrett mit Ausschaltern für acht oder zwölf Ladekreise, einem Voltmeter bis zu 120 Volt, einem Amperemeter bis zu 50 Ampere, einem Stundenzähler, sowie den erforderlichen Anschlußklemmen für die Ladeleitung.

Erfolgt die Nachladung jedoch im Wagen, so werden für eine längere Beleuchtungsdauer mehrere auf getrennte Kreise arbeitende Batterien der Normaltype zur Anwendung gebracht werden müssen.

Die innere Einrichtung der Wagen ist von der gewählten Betriebsmethode vollständig unabhängig. Die Leitungen werden der Sicherheit halber in ihrem Querschnitt hinreichend stark gewählt, um die in Aussicht genommene Strombelastung ohne Erwärmung zu vertragen.

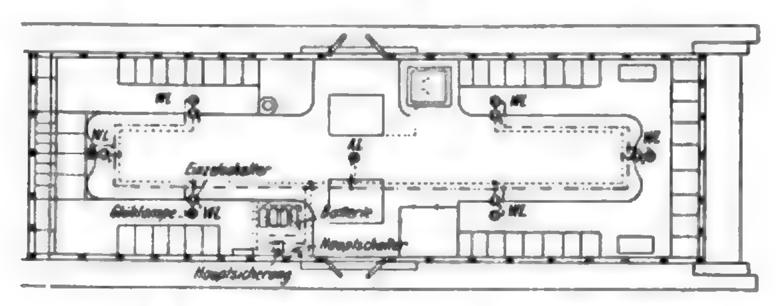


Abb. 46. Schaltung der Postwagen, Deutsche Reichspost.

Die Batteriegewichte wechseln je nach der Größe der Platten, der Art und Weise des Einbaues, sowie der verlangten Leistung stark ab und schwanken für den Wagen zwischen 95 bis 400 kg.

Große Verbreitung hat die Akkumulatorenbeleuchtung in den Bahnpostwagen der deutschen und österreichischen Postverwaltung gefunden. Der anstrengende Dienst der Beamten erfordert eine gute und zweckmäßig eingerichtete Beleuchtung und muß der Beamte an jeder der einem fortwährenden Wechsel unterworfenen Arbeitsstellen über genügende Beleuchtung verfügen. Hier entspricht die Ölgasbeleuchtung den Anforderungen nicht vollkommen, weil die Beleuchtungskörper mitten an der Wagendecke befestigt werden müssen.

Das elektrische Glühlicht läßt sich an allen passenden Plätzen leicht anbringen und auch beweglich einrichten. Zu diesem Zwecke befinden sich in jedem Wagen der deutschen Reichspostverwaltung eine oder mehrere abnehmbare, an einem 7 m langen Kabel befestigte Lampen, mit denen nicht nur jede beliebige Stelle des Wagens hell erleuchtet werden kann, sondern sich auch die Ladeplätze außerhalb des Postwagens belichten lassen, wodurch der Postaustausch wesentlich erleichtert wird.

Die verwendeten Batterien (Abb. 36 und 37) werden im Inneren des Wagens in einem an der Seitenwand nahe der Türe befindlichen Schranke untergebracht. Es kommen je nach Erfordernis für jeden Wagen eine

Digitized by Google

oder zwei Batterien zu je 16 Elementen zur Verwendung. Die 10 m langen Brief- und Gepäckwagen erhalten fünf, die 12 m langen Briefpostwagen elf Glühlampen zu 12 HK. Der Energieverbrauch der Lampen beträgt zwei Watt für die HK. Jede Lampe ist mit einem Ausschalter versehen und ist auch vor jede Lampe eine Bleisicherung vorgeschaltet. Die Verteilung der Lampen und die Gesamtschaltung zeigt Abb. 46.

ζ) Ladestationen.

Die Ladestationen sind zumeist mit einer Zentralstation zur Erregung von elektrischer Energie für die Beleuchtung der Bahnhöfe vereinigt, wodurch sich die Maschinenanlage viel besser ausnutzen läßt und auch die Kosten der Wartung vermindern. Sind die Batterien so in den Wagen eingestellt, daß sie leicht herausgenommen werden können, so werden sie in den Ladestationen auf Ladetischen aufgestellt und dort aufgeladen. Es lassen sich hierdurch die Elemente während der Ladung beobachten, etwaige Fehler sofort beheben und schadhafte Elemente ausscheiden.

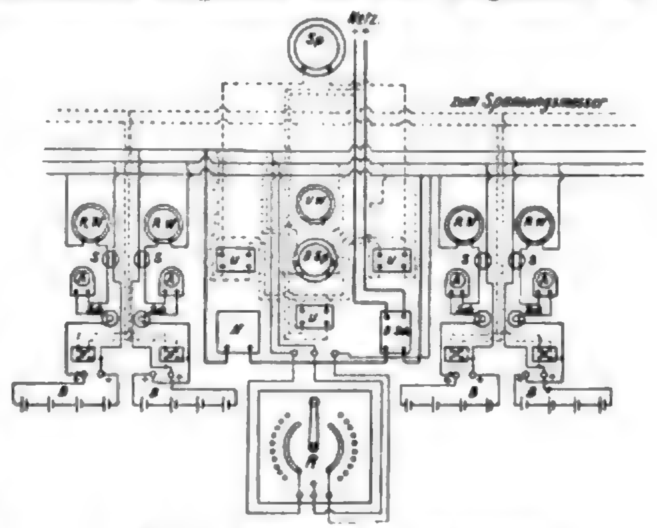


Abb. 47. Schaltung einer Ladestation, Deutsche Reichspost.

Man schaltet zur Ladung stets so viele Batterien hintereinander, als der Maschinenspannung entspricht. Die aufzuladenden Batterien sind zumeist ungleich entladen. Um nun die stärker geladenen Batterien nicht zu überladen und die weniger geladenen Batterien voll aufzuladen, ist bei der Ladung darauf zu achten, daß die bereits vollgeladenen Batterien ausgeschaltet und durch entsprechende Widerstände ersetzt werden. Man kann auch, zur Vermeidung einer Überladung, die Netzspannung so transformieren, daß sie gleich der höchsten Ladespannung einer einzelnen Batterie ist. Sobald dann eine Batterie ihre Endspannung erreicht hat, hört der Stromdurchgang von selbst auf. Die Batterien werden in einem solchen Falle parallel statt hintereinander geschaltet. Die von der Reichspost für die Ladung der Batterien angewendete Schaltung (Abb. 47) erweist sich für die gleichzeitige Ladung einer großen Anzahl von Batterien als sehr vorteilhaft. Die Batterien, welche eine Entladungsspannung von 32 Volt haben, bedürfen für die Ladung einer Höchstspannung von 45 Volt. Beträgt nun die Spannung an den Schienen des Schaltbrettes ungefähr 100 Volt, so wird zwischen diesen Schienen eine dritte Schiene angeordnet, welche mit der Netzleitung unmittelbar in keiner Weise verbunden ist. Die Batterien werden nun parallel zueinander so geschaltet, daß jede Batterie mit einem Außenleiter und der Mittelschiene verbunden und an jedem Außenleiter die gleiche Anzahl von Batterien angebunden ist. Jeder Stromkreis besitzt einen Regulierwiderstand, ein Amperemeter, einen

Ausschalter und die erforderlichen Bleisicherungen. Außerdem ist ein Hauptregulierwiderstand, ein Hauptausschalter, ein Hauptspannungsmesser und eine Hauptbleisicherung vorgesehen.

Sind sämtliche Widerstände richtig eingestellt, so besteht zwischen jeder der beiden Außenschienen und der Mittelschiene die gleiche, und zwar die halbe Netzspannung. Die Spannung der Mittelschiene gegen die beiden Außenschienen ändert sich jedoch mit der Belastung der beiden Netzhälften. Um diesfalls einen Ausgleich herbeizuführen, wird der regulierbare Hauptwiderstand *R* in die weniger belastete Netzhälfte eingestellt und so lange geregelt, bis das Differential-Voltmeter *DSp* 0 zeigt. Durch Einstellen der örtlichen Regulierwiderstände *RW* wird jeder Batterie so viel Strom zugeführt, als sie benötigt, und hierdurch ein Überladen bzw. eine unzureichende Ladung vermieden.

Steht ein Dreileiternetz mit 220 Volt zur Verfügung, so ordnet man zwei neutrale Schienen an.

Bei Großoberflächen-Akkumulatoren, auch Schnellauflade-Akkumulatoren genannt, läßt sich die Ladezeit der Batterien wesentlich verkürzen und beträgt zwischen 1 bis 2 Stunden. Diese kurze Ladezeit macht es in der Regel möglich, die Ladung in den Wagen vorzunehmen und den Transport der Batterien von den Wagen zur Ladestation und umgekehrt zu ersparen.

Zu dem Zwecke der Ladung in den Wagen werden von der elektrischen Zentrale Kabel bis an die Anstellgleise der Züge geführt und enden dort in besonderen Leitungsständern. Die Verbindung der Batterien mit diesen Kabelenden wird durch flexible Kabel hergestellt.

b) Die elektrische Beleuchtung mit Elektrizitätserzeugung im Zuge.

Die Versuche, in den Zügen eine elektrische Zentralstation einzurichten, welche den erforderlichen Beleuchtungsstrom liefern, sind verhältnismäßig alten Datums; die ursprünglichste Idee war, die Dynamomaschine unmittelbar von einer Wagenachse antreiben zu lassen. Die ersten einschlägigen Versuche scheiterten an der Unzulänglichkeit der Einrichtungen, vielfach aber auch an der schlechten Qualität der Akkumulatoren.

Später ging man daran, für den Antrieb der Lichtmaschine eine besondere Kraftmaschine zu verwenden und waren hierfür anfänglich bloß Dampfmaschinen ausersehen, die den benötigten Dampf vom Kessel der Lokomotive eingeliefert erhielten. Die sich hier ergebenden Schwierigkeiten wiesen wieder auf den Antrieb der Lichtmaschine von einer Wagenachse zurück.

α) Antrieb der Dynamo durch eine Dampfmaschine mit Entnahme des Dampfes vom Lokomotivkessel.

Schon 1880 wendete Sedlaczek, allerdings nur für Zwecke der Streckenbeleuchtung, an der Lokomotive eine kleine Brotherhood-Maschine an, welche mit einer kleinen Dynamomaschine unmittelbar gekuppelt war. Die Umlaufgeschwindigkeit dieser rotierenden dreizylindrigen Maschine war keine durchaus gleichmäßige, da jeder Regulator fehlte. Dennoch bewährte sich diese Einrichtung sehr gut, da die vorn an der Brustwehr der Lokomotive angebrachte Bogenlampe sehr empfindlich einregulierte. Der hohe Dampfverbrauch der Dampfmaschine kam hier nicht in Betracht, da die Maschine selbst nur eine geringe Leistung zu haben brauchte.

Sowie jedoch eine größere Kraftleistung beansprucht wird, wie solche für die Beleuchtung eines vollständigen Zuges erforderlich ist, mehren sich die Schwierigkeiten. Unterscheidet sich auch die Anlage für die Elektrizitätserzeugung im Zuge von einer feststehenden Anlage in ihren Grundlagen gar nicht, so zwingt bei den Zügen die Raumbeschränkung zur Anwendung schnellaufender, rotierender Dampfmaschinen, da diese im Verhältnis zur Leistung sehr klein gehalten werden können und keine pendelnde Bewegung aufweisen. Die Antriebsmaschine und die Dynamo müssen auf der Lokomotive untergebracht werden, da sich ihre Anordnung im Gepäckwagen wegen der Schwierigkeit der Dampfzufuhr als untunlich erweist. Auch müßte im zweiten Falle der Gepäckwagen stets unmittelbar hinter der Lokomotive laufen, was betriebstechnisch nicht gutgeheißen werden kann. Der in dem Gepäckwagen verfügbare geringe Raum erschwert sowohl die Montierung als auch die Überwachung und Bedienung. Man ordnete daher überall dort, wo man diese Art der Beleuchtung zur Einführung brachte, die Antriebsmaschine und die Dynamo auf der Lokomotive an. Derartige Anlagen wurden namentlich in Amerika, so bei der Pennsylvania Railroad und der Chicago, Milwaukee and St. Paul Railroad eingerichtet. Man verwendete bei diesen Zügen die dreizylindrigen Brotherhood-Maschinen in Verbindung mit einer Dynamomaschine von 6,4 KW Leistung.

Bei solch bedeutendem Kraftaufwand kommt ein Dampfverbrauch von 22 bis 25 kg für die PS schon in Betracht zu ziehen und wird dadurch der Betrieb wesentlich verteuert.

Die Einrichtungen auf den Preußischen Staatsbahnen. Eingehende Versuche mit der elektrischen Beleuchtung mittels eigener Antriebmaschinen auf den Preußischen Staatsbahnen brachten so günstige Ergebnisse, daß die D-Züge Berlin—Saßnitz nach diesem Systeme eingerichtet wurden. Da diese Einrichtung als typisch angesehen werden kann, soll sie hier allein zur Beschreibung gelangen.

Die elektrische Energie wird bei diesen Zügen von 20 PS Dampfturbinendynamos erzeugt. Diese Maschinen stehen auf dem Dampfkessel zwischen dem Führerhaus und dem Dampfdome (Abb. 48) vollständig frei. Die Dampfturbine macht 20 000, die Dynamomaschine 2000 Umdrehungen in der Minute. Auf dem Führerstande unter Dach und dem Führer bequem erreichbar, befindet sich der Nebenschlußregler, welcher beim Anlassen der Maschine eingestellt wird. Es befinden sich weiters auf dem Führerstande ein Amperemeter, ein Voltmeter und ein selbsttätiger Ausschalter, welcher dann in Wirkung tritt, wenn die Spannung der Maschine unter die Spannung der Batterien sinkt, so ein Entladen der Batterien durch die Maschine verhindernd. Der Hauptausschalter befindet sich an der rechten Seite des Führerstandes. Die leitende Verbindung zwischen der Lokomotive und dem ersten Wagen des Zuges sowie die weitere Verbindung der Wagen untereinander geschieht durch elektrische Kuppeln.

An Lampen sind vorgesehen:

In den Abteilen I. Kl. 2 Deckenlampen à 20 NK
„ „ „ II. „ 2 „ „ 16 „
„ „ „ III. „ 1 Deckenlampe „ 20 „

Die Korridore und Nebenräume werden durch Glühlampen von 12 NK erleuchtet.

Digitized by Google

In den Abteilen I. und II. Klasse sind außerdem je vier Leselampen, jede zu 6 NK, an den Seitenwänden über dem Rücksitz angeordnet, welche ein bequemes Lesen auf jedem Platze ermöglichen.

Es beträgt sonach die Anzahl der Kerzen in den Abteilen I./II. Kl. 64 bzw. 56.

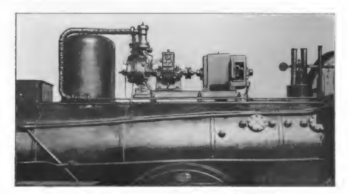


Abb. 48. Dampfturbinendynamo auf der Lokomotive.

Am Wagenuntergestell ist in zwei Behältern eine Batterie von 32 Elementen untergebracht. Dies entspricht einer anfänglichen Entladespannung von 64 Volt, welche sich bei der Ladung der Batterie bis zu einer Höchstspannung von 86 Volt steigert.

Sämtliche Leitungen führen, wie dies aus der Schaltung des Wagens (Abb. 49) zu entnehmen ist, zu einer Schalttafel an der Stirnseite des Wagens und befinden sich auf dieser auch die Ausschalter und Sicherungen für die Stromkreise. Ausschalter sind vorgesehen für den Maschinenstromkreis, für die Batterien und für jeden der vier Lampenstromkreise. Es sind nämlich sämtliche mittlere Deckenlampen der Abteile an den ersten, sämtliche seitlichen Deckenlampen der Abteile an den zweiten, sämtliche Leselampen an den dritten und sämtliche Korridor- und Nebenraumlampen an den vierten Stromkreis angeschlossen. Abb. 50 zeigt das Schaltbrett des Wagens.

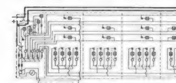


Abb. 49. Zugschaltung, Preuß. Staatsbahnen.

Im Wagen befinden sich auch zwei von Wittfeld geschaffene Kontrolleinrichtungen, welche es dem Wagenwärter ermöglichen festzustellen, ob die Batterien der einzelnen Wagen angeschlossen sind und ob die elektrische Kuppelung der Wagen richtig erfolgt ist. Zu diesem Zwecke ist die zunächst dem Vorraum gelegene Deckenlampe unmittelbar an die

Batterieleitung, und zwar noch vor dem Schaltbrett angeschlossen. Sie muß sonach auch bei offenem Hauptausschalter brennen, wenn die Batterie eingeschaltet ist. Brennt sie nicht, so ist die Einschaltung der Batterie vorzunehmen.

Zum Zwecke der Kontrolle für die richtige Kuppelung steht am Pol die dem Schaltbrette nächstgelegene Vorraumlampe mit einem Kontakte der Kuppelungsdose in Verbindung, welcher nur im Falle richtiger Kuppelung mit dem Kuppelungstöpsel in leitender Berührung ist. Es brennt diese Lampe also normal vom Lichtleitungsnetze des Anschlußwagens. Brennt sie nicht, so ist dies das Zeichen einer mangelhaften Kuppelung. Befindet sich jedoch der Wagen am Ende des Zuges, so muß diese Lampe naturgemäß auch vom Leitungsnetz des eigenen Wagens brennen können. Es ist diese Lampe daher auch mit dem eigenen Leitungsnetze in Verbindung, doch ist diese Verbindung normal durch einen besonderen Ausschalter unterbrochen und läßt sich im Bedarfsfalle mit Hilfe des Schaffnerschlüssels einschalten. So wie diese Einschaltung vollzogen wird, schaltet sich eine rote Kontrollampe mit ein. Diese Lampe (s. Abb. 50) oberhalb des Schaltbrettes darf aber nur im letzten Wagen des Zuges brennen und muß in den anderen Wagen abgeschaltet sein. Es ist somit eine zuverlässige Kontrolle erreicht.

Abb. 50. Schaltbrett, Preuß. Staatsbahnen.

Die Regelung der Spannung an den Glühlampen beruht auf der Vorschaltung von Eisendrahtwiderständen vor jeder Glühlampe. Diese Widerstände ermöglichen es, daß während der Beleuchtung auch die Ladung der Batterie stattfinden kann, ohne daß sich die Änderung der Spannung an den Glühlampen bemerkbar macht. Dieser Spannungsausgleich vollzieht sich in der Weise, daß der verwendete Eisendraht bei der Erhöhung der Spannung an Widerstand zunimmt und hierdurch die überschüssige Energie aufzehrt bzw. in Wärme umsetzt. Es gleicht sich hierdurch der Unterschied zwischen der Entladespannung und der vollen Ladespannung der Batterie nahezu vollständig aus.

Digitized by Google

Durch die Verwendung dieser Widerstände vereinfacht sich die Schaltung außerordentlich.

Mit der Verwendung der Eisendrahtwiderstände ist ein bestimmter Energieverlust verbunden, welcher für den vorliegenden Fall bei 48 Volt 14% beträgt. Dieser Verlust kommt jedoch bei den verhältnismäßig geringen Kraftkosten gegenüber den damit erreichten Vorteilen nicht in Betracht und gleicht sich durch die verringerten Anlagekosten sowie durch die billigere Batterieerhaltung teilweise wieder aus.

Durch Verwendung höhervoltiger Lampen von 52 bis 55 Volt, statt der gebrauchten Lampen von 48 Volt, ließe sich dieser Verlust weiter herabmindern, aber dann nimmt die Leuchtkraft der Lampen, wenn die Batterien allein arbeiten, etwas ab und wird diese Schwankung in der Leuchtkraft der Lampen um so auffälliger werden, je höher man die Spannung der Glühlampen nimmt. Bei 50-Volt-Lampen schwankt das Licht nur sehr wenig, und mindert sich hierdurch der Verlust auf 11% herab. Bei 52-Voltlampen würde dieser Verlust nur mehr 8% betragen.

Diese Art der Zugbeleuchtung hat sich im Betriebe vollkommen bewährt und das reichlich bemessene Lichtquantum selbstverständlich den Beifall und die Anerkennung der Reisenden gefunden.

Der Hauptnachteil dieser Art der Wagenbeleuchtung liegt in den hohen Anschaffungskosten. Da die Lokomotiven gewöhnlich nicht die gleich langen Strecken durchfahren können, wie die geschlossenen Züge, sondern in bestimmten Stationen abgestellt und durch andere ersetzt werden müssen, sind auch für jeden Zug, welcher lange Strecken durchfährt, mehrere Lokomotiven mit der Stromerzeugungsanlage auszurüsten. Hierdurch verteuern sich die Anschaffungskosten recht wesentlich. Nach den Ermittelungen können für jede Lokomotive nur $2^1/_2$ D-Wagen gerechnet werden. Dieses Verhältnis gestaltet sich für sehr lange Strecken noch ungünstiger.

β) Antrieb der Dynamomaschine durch eine eigene Kraftmaschine.

Hier sind wieder zwei Fälle zu unterscheiden, und zwar wird entweder eine Dampfmaschine bzw. Dampfturbine für den Antrieb der Dynamomaschine verwendet und der zum Betriebe erforderliche Dampf in einer eigenen Kesselanlage erzeugt, so daß die Unabhängigkeit von der Lokomotive gesichert ist, oder es kommt eine andere Art von Kraftmaschinen, die keiner Dampfanlage bedarf, zur Ausnutzung. Als solche Maschinen kommen nur Explosionsmotoren mit flüssigem Explosionsmaterial in Betracht, da Sauggasgeneratoren, wegen der größeren Raumbeanspruchung, nahezu ausgeschlossen sind.

Für die erstere Art der Einrichtung bietet der Hofzug des Kaisers von Österreich ein Beispiel. Für diesen Zug, der unter die Luxuszüge zu rechnen ist, war die Anwendung einer besonderen Kesselanlage, trotz des großen Raumes, welchen eine solche beansprucht, insoferne gerechtfertigt, als von dieser auch die Dampfheizung des Zuges zu versorgen war. Ein Eingehen auf diese verhältnismäßig alte Anlage ist hier jedoch nicht am Platze, da die Bedingungen für solche Züge ganz anders geartet sind, als für die dem Allgemeinverkehr dienenden Züge und die Anlage bzw. Betriebskosten bei solchen Zügen nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Einrichtung auf der Ostchinesischen Bahn.[1]) Die elektrische Zentralstation ist in einem bei jedem Zuge mitgeführten Güterwagen untergebracht. Es ist für diese Zwecke an einem Ende dieses Wagens ein Raum mit einer Bodenfläche von 7·18 qm (Länge 2·435 m, Breite 2·950 m) abgeschlossen. Wände, Decke und Diele sind durchweg mit einer Lage aus gepreßtem Korke benagelt, um so eine gute Schalldämpfung und Wärmeisolation zu erzielen. Über dieser Korklage sind die Wände und die Decke mit 2 mm Eisenblech überkleidet, während der Boden mit Zinkblech bedeckt ist, auf welches eine dicke Linoleumschicht aufgeklebt wird. Dieser Raum hat vier verglaste gewöhnliche Wagentüren und ein Fenster und ist daher mit Licht reichlich versehen.

Zum Antriebe der Dynamomaschine gelangt ein Petroleummotor zur Verwendung. Motor und Dynamomaschine konnten wegen ihres unbedeutenden Gewichtes und der geringen Erschütterung auf zwei parallel gelegte Eichenbalken, die durch Nut und Feder mit einander verbunden und mit Winkel und Schrauben an dem Eisengestell des Wagens angeschraubt sind, fundiert werden. Diese Art der Fundierung hat sich in der Praxis gut bewährt und ist leichter, billiger und bequemer, als eine solche aus genietetem Eisen.

In diesem Maschinenraum, der graugelb gestrichen ist, sind folgende Einzelteile aufgestellt:

1. Ein liegender Petrolmotor, System Otto-Deutz, von 12 PS eff. bei 600 U.
2. Eine Dynamomaschine von Siemens & Halske für 110 Volt und 60 Ampere. Diese Maschine wird trotz des geringen Achsstandes von nur 1·4 m mit Riemen angetrieben, und hat sich dieser Antrieb, welcher eine bedeutende Verminderung des Dynamogewichtes (70%) und des Preises (50%) ermöglichte, bestens bewährt.
3. Ein auf Konsolen ruhender Behälter für das Arbeitspetroleum von 41 kg Inhalt mit Schwimmer, Zeiger und Siebnetz.
4. Eine an der Wand befestigte Pumpe zum Umpumpen des Petroleums aus dem Vorrats- in den Arbeitsbehälter.
5. Ein Behälter aus verzinktem Bleche von 395 l Inhalt für das Kühlwasser des Motors. Dieser Behälter ist mit einem Gradierwerk und einem Luftinjektor versehen.
6. Eine kleine an die Diele angeschraubte Zentrifugalpumpe, die von der Riemenscheibe des Motorregulators angetrieben wird.
7. Eine vollständige Schalttafel mit allen zugehörigen Instrumenten.
8. Ein auf Konsolen befestigtes Arbeitstischchen.
9. Ein Kasten mit Schlüsseln aller Art.
10. Eine auf Konsolen aufgestellte kleine Akkumulatorenbatterie für die Zündung des Motors.

Unterhalb des Maschinenabteils des Wagens befinden sich der Vorratsbehälter für das Petroleum, ein Auspufftopf mit den zugehörigen Rohren, Formstücken und anderen Teilen. Die Auspuffgase passieren hierbei den Injektor und erhöhen den Zug, welcher Luft im Gegenstrome zu den fallenden Wassertropfen durch das Gradierwerk treibt und das Wasser abkühlt.

[1]) Die Einrichtungen dieser Bahn werden, um ein Bild über alle Einzelheiten der Zugsbeleuchtung gewinnen zu lassen, etwas ausführlicher behandelt.

Das Gesamtgewicht der maschinellen Anlage beträgt rund 2200 kg, hiervon entfallen auf den Petrolmotor 475 kg, samt Fundierung und Schwungrad 721 kg, und auf die Dynamomaschine samt Schlitten 377 kg.

Der Petrolmotor, System Otto, der Gasmotorenfabrik Köln-Deutz, besteht (Abb. 51) aus einem Gußkörper *k*, der in einem Stück mit den beiden Zylindermänteln $Z_1 Z_2$ und dem Kurbelachslager gegossen ist. Die beiden Zylinder mit einem Durchmesser von 150 mm und einem Kolbenhub von 135 mm liegen rechts und links der Kurbelwelle, deren Zapfen um 180° versetzt sind. Es sind durch diese Anordnung die hin- und hergehenden Massen jederzeit vollkommen ausbalanziert und wird die hohe Umdrehungszahl fast ohne Erschütterung erreicht.

Jeder Zylinder trägt einen Zylinderkopf *g*, der mit einem Einströmventil *a*, einem Ausströmventil *e*, einer Zündkerze *c* und einer Kontaktvorrichtung *S* zur Zündung des Gasgemisches versehen ist. Die oben liegenden Einströmventile arbeiten selbsttätig, d. h. sie öffnen sich beim Vorwärtsschreiten des Kolbens durch die Druckabnahme und werden durch

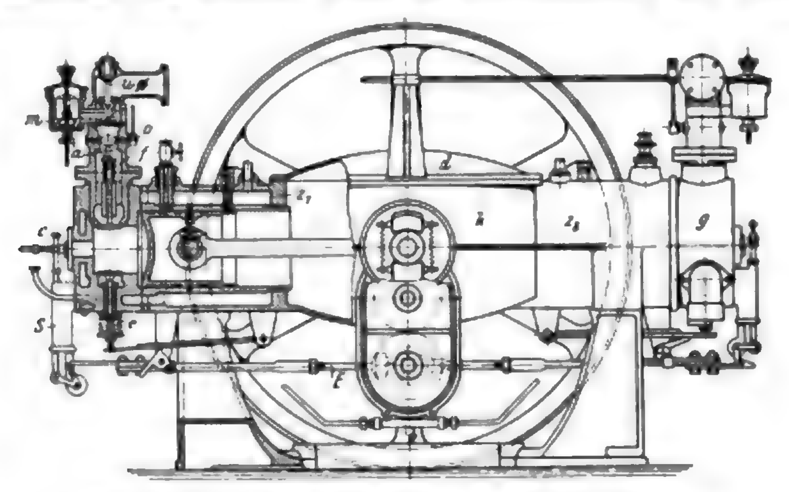


Abb. 51. Petrolmotor der Gasmotorenfabrik Köln-Deutz.

die Spiralfeder *f* geschlossen. An dem Ventilgehäuse sind angeschraubt: ein Vergaser *u* mit einem kleinen Zerstäuber und einem Absperrventil *o*, ferner ein Anlaßgefäß mit einem Schwimmer *m*, welcher ein Nadelventil betätigt, um das zufließende Petroleum stets auf gleichem Niveau zu erhalten. Das Gasgemisch wird aus jedem Gaserzeuger dem Einströmventile selbsttätig zugeführt.

Die Ausströmventile *e* werden durch die Zugstangen eines Doppelexzenters *E* betätigt. Dieser Doppelexzenter sitzt auf einer unterhalb des Motorkörpers befindlichen Steuerwelle, welche von der Motorwelle durch Übersetzung mittels dreier Bronzezahnräder angetrieben wird. Es entfallen auf jede Zylinderhälfte bei 600 Umdrehungen in der Minute 300 Zündungen und entspricht dies der Viertaktperiode, während die Zylinder im gegenseitigen Verhältnisse zueinander im Zweitakt arbeiten.

Die Zugstangen des Doppelexzenters sind mit besonderen Verlängerungen versehen, durch welche die Zündung geregelt wird.

Die Zündvorrichtung als solche setzt sich zusammen aus einer kleinen Akkumulatorenbatterie, einer Reaktanzspule und einer Vorrichtung zum Schließen und Unterbrechung des Kontaktes an der Zündungsstelle.

Die Akkumulatorenbatterie besteht aus zwei in Reihe geschalteten Zellen. Der freie Pol + *a* (Abb. 52) ist mit dem Ladepol *L*, der zweite freie Pol — *a* mit dem Ladepol *LM* des Induktionsspulenbrettchens verbunden. Der Ladepol *LM* wird außerdem noch an die Maschine gelegt. Die beiden Stöpsel J_1 und J_2 sind unmittelbar mit einander verbunden und führen von diesen isolierte Leitungen zu den durch Glimmer isolierten Zündstiften Z_1 und Z_2. *L* und J_2 stehen mit je einem Ende der Reaktanzspule in Verbindung.

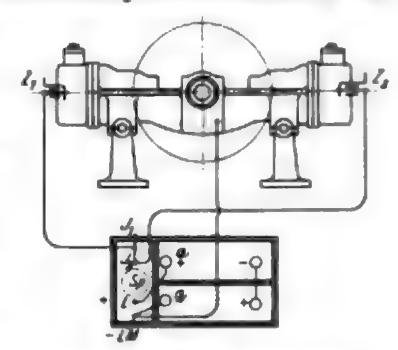


Abb. 52. Zündvorrichtung für den Petrolmotor.

Zur Schmierung der bewegten Teile befindet sich auf dem Deckel des Motors ein Zentralschmierapparat.

Zur Schmierung der Zylinder dient die Pumpe *b* (Abb. 51), die durch eine Gabel und einen auf der Steuerwelle sitzenden Exzenter angetrieben wird.

Für die Zylinderkühlung sind die Zylinder und Zylinderköpfe mit Mänteln versehen und durch die so entstehenden Hohlräume wird Wasser vermittelst einer Zentrifugalpumpe getrieben.

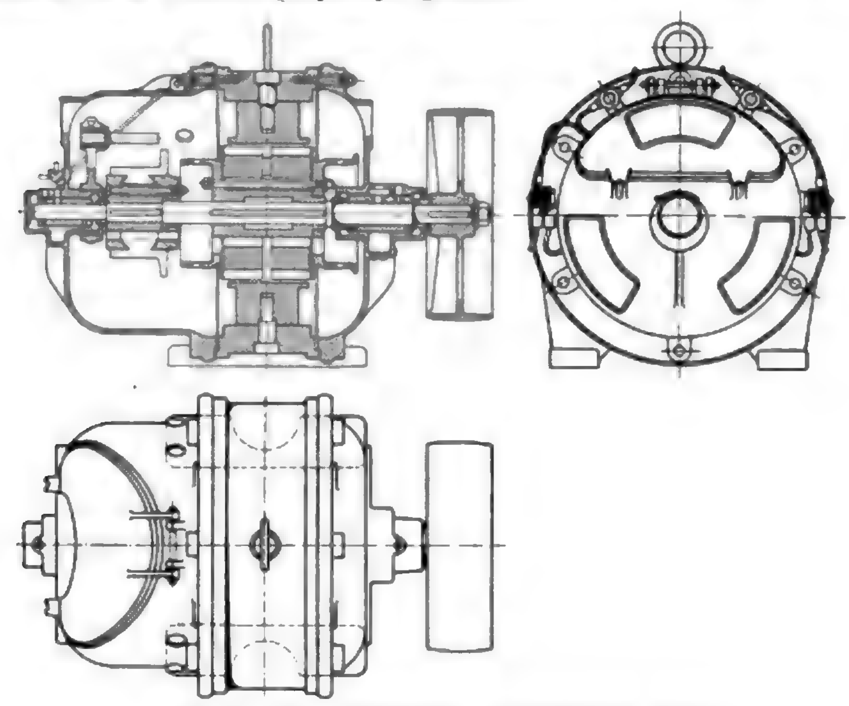


Abb. 53. Dynamomaschine, Ostchinesische Bahn.

Ein sehr empfindlicher Regulator sorgt für die richtige Zuführung der Luft und des fertigen Gasgemisches.

Der Motor verbraucht bei voller Belastung (6·6 Kilowatt) je nach der Einregelung der Luftzufuhr zwischen 366 bis 455 Gramm russischen Petroleums für die effektive Pferdekraftstunde. Bei halber Belastung erhöht sich dieser Verbrauch auf 575 bis 600 Gramm.

Der mechanische Wirkungsgrad schwankt zwischen 80 bis 82% und der Ungleichförmigkeitsgrad beträgt $^1/_{80}$.

Die Dynamomaschine (Abb. 53) ist eine vierpolige Gleichstrommaschine von Siemens & Halske, welche bei 1400 Umdrehungen in der Minute einen Strom von 60 Ampere bei 110 Volt Spannung liefert. Die Spannung läßt sich für das Laden der Akkumulatoren durch einen Reglerwiderstand in der Erregerwickelung bis auf 145 Volt steigern.

An den aus Stahlguß hergestellten ringförmigen Körper der Dynamomaschine sind die Elektromagnete für die Erregerwickelung festgeschraubt. Dieser Körper ist beiderseits durch gußeiserne Deckel abgeschlossen, welche die Lager für die Welle des Trommelankers führen. Diese kräftig gebauten Deckel sind zwecks Erzielung einer guten Ventilation mit durch Siebe abgeschlossenen Löchern versehen und trägt der vordere Deckel außerdem noch eine Scharnierklappe zum Zwecke der Besichtigung der Bürsten und des Kollektors.

Der Anker trägt Mordey-Wickelung und hat dementsprechend nur zwei unter einem Winkel von 90° liegende Kohlebürsten.

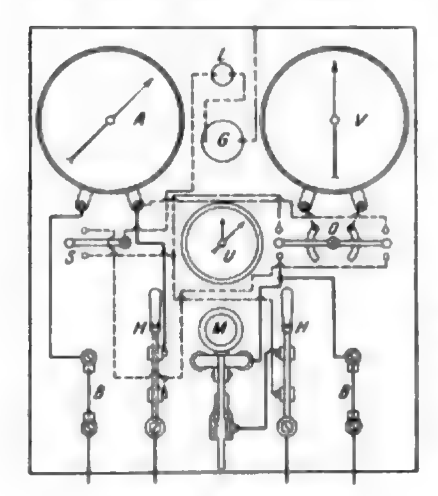


Abb. 54. Schaltbrett am Gepäckwagen.

Die äußeren Abmessungen dieser Maschine sind Länge 860 mm, Breite 543 mm und Höhe 622 mm, es ist daher der Raumbedarf ein für die Leistung sehr geringer.

Der Nutzeffekt dieser Maschine schwankt zwischen 86·7 bis 88·5% ohne Berücksichtigung des Verlustes durch die Riemen. Die Maschine hält eine Überlastung von 30% und eine Spannungssteigerung bis 145 Volt aus, ohne daß sich Funkenbildung bemerkbar macht.

Das Schaltbrett ist an einem Rahmen aus Winkeleisen, der federnd an der Wand befestigt ist, aufgeschraubt. Die Schalttafel aus poliertem Schiefer trägt (Abb. 54) an der Vorderseite ein Amperemeter *A*, ein Voltmeter *V* mit Umschalter *O*, zwei einpolige Netzsicherungen *B*, zwei einpolige Ausschalter *H*, einen Erdschlußanzeiger, bestehend aus Glocke *G*, Lampe *L* und Umschalter *S*, einen selbsttätigen Minimalausschalter *M* und eine antimagnetische Uhr *U*.

Die Verbindungsleitungen befinden sich an der Rückseite der Schalttafel. Der Reglerwiderstand ist unterhalb des Schaltbrettes an die Wand angeschraubt.

Die Verbindungsleitungen und Kabel zwischen der Dynamomaschine und dem Schaltbrett sind innerhalb des Maschinenraumes in Isolierrohre mit Messingmantel (Bergmannrohre) verlegt und oberhalb des Schaltbrettes an die Sicherungen angeschlossen. Von den Ausschaltern führen unmittelbar Kabel nach unten zu den Abzweigekästen, in welchen sie an die Hauptleitung des Netzes angeschlossen werden.

Die Erregung der Dynamomaschine wird anfänglich durch den Strom der Akkumulatoren besorgt und zu diesem Zwecke der linksliegende Schalter *H* eingeschaltet, wodurch der erregende Strom vom positiven Pol der Akkumulatoren über diesen Schalter und den veränderlichen Widerstand des Rheostaten, der mit einem leeren Kontakt zur Stromunterbrechung versehen ist, zum negativen Pole fließt.

Sobald jedoch die Dynamomaschine ihre volle Spannung erreicht hat, wird auf die Selbsterregung zurückgegangen, indem der Minimalausschalter *M* und der rechtsliegende Hauptschalter *H* eingeschaltet wird.

Die Meßinstrumente, System Siemens & Halske, beruhen auf elektromagnetischen Wirkungen, haben Luftpuffer und sind vollkommen aperiodisch.

Der selbsttätige, auf elektromagnetischen Wirkungen beruhende Minimalausschalter *M* hat die Aufgabe, eine Entladung der Akkumulatoren in die Dynamomaschine zu verhindern. Der Erdschlußprüfer gibt die Möglichkeit, den Isolationszustand des Netzes jederzeit prüfen zu können. Die Glocke spricht hierbei bei einem Widerstande von 1000 Ohm, die Glühlampe schon bei einem solchen von 2000 Ohm an. Die Enden der von der Glocke abgehenden Leitung sind zu diesem Zwecke mit dem Rahmen der Schalttafel verbunden.

Die Akkumulatorenbatterie. Die Akkumulatorenbatterie hat nicht nur dem Ausgleich der Spannung zu dienen, sondern auch die Beleuchtung für eine gewisse Zeit selbständig zu versorgen. Die Akkumulatoren, von welchen entsprechend der gewählten Spannung von 110 Volt je 55 in Reihe zu einer Batterie vereinigt und zu den Hauptleitungen parallel geschaltet sind, finden sich nicht in jedem Wagen, sondern sind auf bestimmte Wagen so verteilt, daß sie bei Abtrennung und Ablenkung eines Zugteiles für diesen die Beleuchtung während der ganzen vorgesehenen Zeit bis zur Wiedervereinigung übernehmen können.

Die Leitungsanlage. Die zu beleuchtenden Personenwagen haben durchaus 0·9 m breite Längsgänge und enthalten 8 bis 9 Abteile für Reisende, drei Garderobabteile und ein Abteil für die Warmwasserheizung und den Schaffner. Die Länge eines jeden Wagens beträgt 20·2 m, die Höhe 3·01 m und die Breite 2·99 m.

Zur Beleuchtung der Wagen dienen durchaus Glühlampen von 8 NK bei einer Klemmenspannung von 110 Volt. Jeder Vollzug besteht aus elf Wagen und wird mit 269 feststehenden und 49 beweglichen Lampen erleuchtet, von welchen jedoch nur 230 Stück als gleichzeitig brennend angenommen werden können, da die beweglichen Lampen nur unter Ausschaltung einer gleichen Zahl feststehender Lampen zum Brennen zu bringen sind und die der Außenbeleuchtung dienenden Lampen nur durch kurze Zeit brennen.

Bei einem Verbrauch von 3·5 Watt für die Kerze berechnet sich der Gesamtbedarf an elektrischer Energie für 230 gleichzeitig brennende Lampen von 8 NK Leuchtkraft mit 6·44 KW.

Es hat demnach bei einem Gesamtwirkungsgrade der elektrischen Anlage von 70% der Petrolmotor 12·5 PS effektiv zu leisten.

Der zulässige äußerste Spannungsverlust für die vom Schaltbrette der elektrischen Zentralstation im Güterwagen entfernteste Lampe wurde mit 4·5% der Arbeitsspannung von 110 Volt angenommen, wovon 4% in den Hauptleitungen und 0·5% in den Abzweigleitungen verloren gehen dürfen. Dem hierdurch entstehenden Gesamtverluste von 4·95 bis 5 Volt müssen die angewendeten Glühlampen auf 105 Volt tariert werden. Um demnach von jeder Lampe bei 28 Watt Energieverbrauch eine Lichtstärke von acht Kerzen zu erhalten, ist jede Lampe mit einem Strome von 0·26 A zu speisen. Es berechnete sich aus diesen Anhaltspunkten, unter Annahme

Digitized by Google

der ungünstigsten Zugzusammensetzung, der Querschnitt der aus Kupfer herzustellenden Hauptleitungen bei einem Spannungsverluste von 4·5 Volt mit 70 qmm.

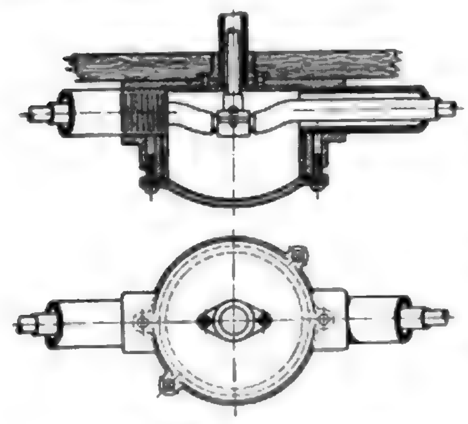


Abb. 55. Abzweigkasten.

Der Querschnitt der Hauptabzweigleitung für den Speisewagen, der auch elektrisch angetriebene Ventilatoren hat, ermittelte sich für die Wagen erster und zweiter Klasse mit 10 qmm, für den Postwagen mit 6 qmm, für die Wagen dritter Klasse und den Güterwagen mit 3 qmm. Die Nebenabzweigungen sind durchaus mit 1 qmm ausgeführt. Das Hauptaugenmerk bei der Ausführung war auf möglichste Einfachheit bei vollkommener Sicherheit gerichtet. Die Leitungen wurden daher durchaus offen geführt, um jederzeit der Besichtigung und der Reparatur zugänglich zu sein, und entweder als Schnüre verlegt, oder in Isolierrohre mit Stahl- oder Messingmantel (Bergmannrohre) eingezogen. Für die Außenleitungen kommen ausschließlich mit Stahlmantel versehene und zusammengeschraubte Isolierrohre von 21 mm l. W. zur Verwendung, welche mit Klammern an den unteren Wagendielen befestigt und um die Eisenkonstruktion des Rahmens, sowie die beweglichen Teile des Wagens frei herumgebogen sind. In diese vollkommen isolierenden und wasserdicht abgeschlossenen Rohre sind nun die Hauptleitungen eingezogen, welche durch eine Papierlage, eine darauf folgende Gummilage, dann wieder eine Papierlage und zum Schlusse durch

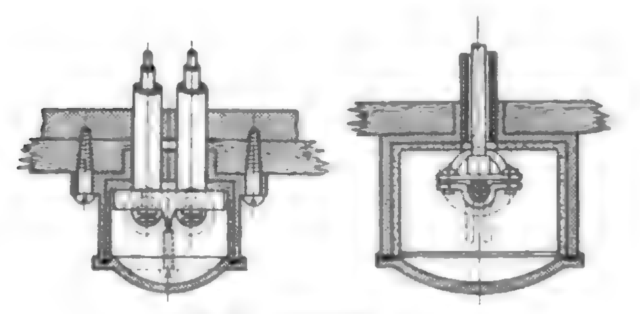


Abb. 56. Abzweigkasten.

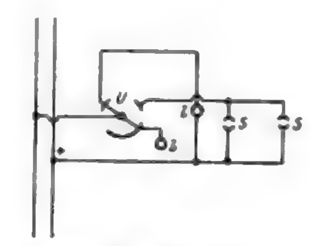


Abb. 57. Schaltung der Wagenabteile.

ein in Isoliermasse getränktes Papiergeflecht vierfach isoliert sind. Um bei Umkehrung eines Wagens einen falschen Anschluß der Pole der zur Hauptleitung parallel geschalteten Akkumulatorenbatterien zu verhindern, sind die Isolierrohre und mithin auch die Haupt- und Abzweigleitungen an einer geeigneten Stelle gekreuzt. In den elektrischen Wagenkuppeln finden sich gleichfalls solche Kreuzungen vor, der Strom kann daher, wie der Anschluß auch erfolgt, nur in der gleichen Richtung fließen.

Unterhalb jedes Dienstabteiles befindet sich ein Abzweigkasten mit luftdicht abschließendem Deckel, durch welchen die Hauptleitungen hindurchgehen. In diesem Kasten werden die Nebenleitungen (Abb. 55) mittels zusammengesetzter Kupferklemmen abgezweigt. Die Abzweigleitungen

Digitized by Google

von 10 und 6 qmm Querschnitt sind in Isolierrohre mit Stahlmantel von 9 mm l. W. verlegt und führen bei Wagen mit Akkumulatoren zum Wagenschaltbrett, bei anderen Wagen jedoch unmittelbar zum Unterbrecher. Die Akkumulatorenleitungen, welche gleichfalls in Isolierrohre mit Stahlmantel von 9 mm l. W. verlegt sind, werden wie die Hauptleitungen unterhalb des Wagens, und zwar von den Akkumulatorenkasten, zu einem gußeisernen Abzweigkasten mit 4 Abzweigungen (Abb. 56) und von da gleichfalls in Rohren durch die Diele des Wagens geführt.

Die Hauptabzweigungen in den Wagen sind entsprechend der Lampenverteilung angeordnet und vom Wagenschaltbrett oder dem Unterbrecher ausgehend in Isolierrohren mit Messingmantel verlegt. Diese Hauptabzweigungen sind längs des ganzen Ganges in zwei solchen Rohren geführt, welche sich an den beiden Wagenenden zu einem Rohre vereinigen. Dieses Rohr nimmt die Leitungen für die Außenbeleuchtung auf. Vom Gange aus werden die Zuleitungen zu den einzelnen Wagenabteilen, in Form von Doppelkabelschnüren, welche auf zusammensetzbaren Glasrollen befestigt sind, abgezweigt und an diese wieder die Unterabzweigungen zu den Deckenrosetten und die Zwischenbeleuchtung angeschlossen.

Die nach den einzelnen Wagenabteilen führenden Schnüre werden unmittelbar an einen einpoligen Umschalter U (Abb. 57) angeschlossen, der so eingerichtet ist, daß von den drei in jedem Abteil vorfindlichen Lampen l gleichzeitig nur zwei benutzt werden können, und zwar entweder beide Deckenlampen oder nur eine davon und die bewegliche Leselampe, die mit zwei Steckkontakten S an verschiedenen Punkten des Wagenabteils angeschaltet werden kann.

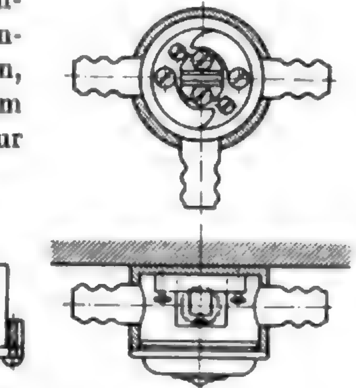


Abb. 58. Abzweigdose.

In den Post- und Speisewagen, welche keine Längsgänge besitzen, werden die Hauptabzweigleitungen rechts und links an den Wagenenden in Isolierrohren verlegt.

Die Nebenleitungen wurden zumeist in isolierten Dosen mit Messinghülle vermittels Schraubenklemmen auf einer Porzellanunterlage abgezweigt (Abb. 58). An Stellen, welche die Anbringung einer Abzweigdose, nicht zuließen, wurden die Isolationsrohre der Hauptleitungen soweit auseinander geschoben, daß ein Verlöten der Leitungen möglich wurde. Über die so geschaffene Abzweigung wurde eine Gummidreiweghülse geschoben, diese sodann mit Isolierband umwickelt, die Mantelröhren hierauf wieder zusammengeschoben und mit einer Klammer überdeckt.

Von einer Sicherung jeder Lampe wurde abgesehen, und sind im ganzen nur drei solcher Sicherungen für jeden Wagen angeordnet, wovon eine zu 10 Ampere das ganze innere Netz, die beiden anderen zu je zwei Ampere die Außenbeleuchtung zu sichern haben.

Sämtliche Schalter sind, um ein Angreifen der Metallteile durch Elektrolyse hintanzuhalten, an den negativen Strang angeschlossen. Die Deckel, Sockel und Griffe fast aller Ausrücker und Umschalter sind aus Isoliermaterial hergestellt.

Das **Wagenschaltbrett**, welches sich in allen mit Akkumulatoren ausgerüsteten Wagen vorfindet, ist aus einer polierten Schiefertafel von 300 × 200 mm hergestellt und mittels besonderer Eisenklemmen an die Wand des Dienstabteils befestigt. Auf dem Schaltbrett befinden sich ein kleines Amperemeter *A* (Abb. 59) mit einem Meßbereich für 1 bis 15 Ampere, zwei doppelpolige Ausschalter *S*, vier einpolige Sicherungen *s* mit Stöpsel zu je 10 Ampere und ein Stöpselkontakt *k* für ein tragbares Voltmeter.

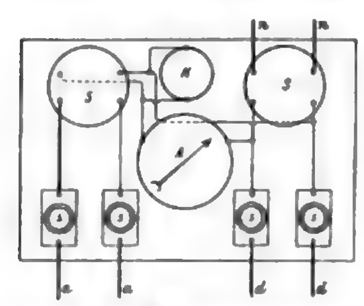


Abb. 59. Wagenschaltbrett.

Die Leitungen der Akkumulatoren sind, die Sicherung und den Ausschalter durchlaufend, zur Dynamomaschine und dem Netze parallel geschaltet. Die Netzleitungen sind gleichfalls durch Sicherungen und Ausschalter geführt, um die Lampen beim Laden der Akkumulatoren, sobald sich die Ladespannung erhöht, ausschalten zu können.

Als Sicherungen gelangen Universalsicherungen mit Stöpsel, die auch unter Strom eingelegt und herausgenommen werden können, zur Anwendung. Durch die Art der Anordnung der Sicherungen auf dem Schaltbrett versorgen die Akkumulatoren, bei Durchbrennen der Sicherung der Hauptleitungen, die Lampen selbsttätig mit Strom.

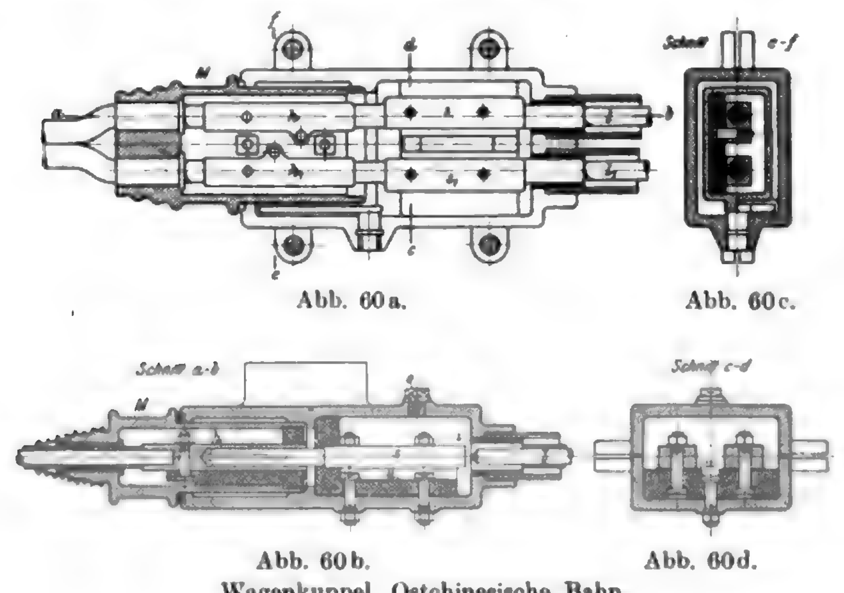


Abb. 60a. Abb. 60c.

Abb. 60b. Abb. 60d.

Wagenkuppel, Ostchinesische Bahn.

Die **Wagenkuppel** wurde in einer den Verbindungsmuffen für unterirdische Kabel ähnlichen Form ausgeführt. Zu diesem Zwecke ist jeder Wagen an seinen beiden Enden mit einem Stöpselkasten ausgerüstet, der aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. (Abb. 60a bis 60 g.) In der unteren Hälfte sind auf einer besonderen Stabilitunterlage *u* vermittels Schrauben zwei an einem Ende federnd geschlitzte Stöpsel ss_1 befestigt, welche auf dem anderen Ende runde Köpfe tragen, deren Höhlung in die Enden der Hauptzuleitungen $l\,l_1$ eingelötet sind. Nach der vollständigen Zusammenstellung wird dieser Teil an die obere Hälfte, welche an die Puffer-

Digitized by Google

traverse befestigt ist, angeschraubt, sodann werden in die Abzweigungen des Kastens die Isolierrohre *i* eingeschraubt, worauf durch die obere Öffnung *o* der ganze Innenraum mit Kompoundmasse ausgegossen wird.

In diesen so hergerichteten Kasten wird nun eine Stöpselmuffe *M* eingesteckt, welche zwei Steckhülsen hh_1 enthält, die in die geschlitzten federnden Enden der beiden vorerwähnten Stöpsel ss_1 genau einpassen. Die ganze Stöpselmuffe stellt einen Hohlkörper dar, der an der einen Seite offen auf der anderen Seite durch einen Gußansatz mit zwei Durchbohrungen geschlossen ist und durch welchen die Leitungen des Verbindungsstückes (Abb. 60g) hindurchgehen, um in den oberen Teil der Steckhülsen eingelötet zu werden. Die Steckhülsen sind hier gleichfalls auf einer Stabilitunterlage mittels Schrauben befestigt. Die Zuleitungsdrähte werden vor der Einführung in die Steckhülsen über Kreuz gelegt. Sowie die Montierung beendigt ist, wird der Hohlraum ebenfalls mit Kompoundmasse ausgegossen und zum Schluß die Stirnöffnung mit einer entsprechend

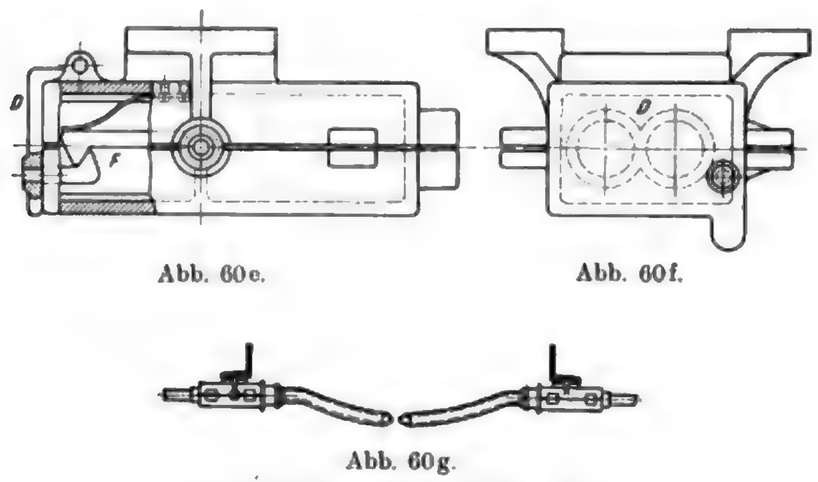


Abb. 60e. Abb. 60f.

Abb. 60g.

Wagenkuppel, Ostchinesische Bahn.

durchbohrten Stabilitplatte verschlossen. Beide Zuleitungen sind in Guttapercharohre eingelegt, welche ihrerseits wieder in Leder eingenäht werden. Diese Lederhülse wird nun vermittels Draht an den Gußansatz der Stöpselmuffe befestigt. Die Stöpselkasten sind mit einem Scharnierdeckel *D* und einer Federverschlußvorrichtung *F* versehen, welche nur mittels eines besonderen Schlüssels geöffnet werden kann. Der Scharnierdeckel verschließt, bei nicht eingestecktem Verbindungskabel, die Öffnung des am Wagen befestigten Teiles der Verbindungskuppel und macht diesen sonach für unberufene Personen unzugänglich.

Die Beleuchtungskörper. Zur Beleuchtung der Wagenabteile von oben gelangen besondere Deckenglockenlampen zur Verwendung. Für diese Lampen sind zwei Glühbirnen *g* vorgesehen, deren Fassungen an der Rückseite des Reflektors mittels des Bügels *B* festgehalten sind. (Abb. 61.) Der Reflektor ist an dem metallischen Ring *R* befestigt und letzterer, um das Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit hintanzuhalten, mit einem Messingdeckel *D* überkleidet. Die Lampen *g* werden durch den Bügel *B* in der für die Lichtverteilung günstigsten Winkellage erhalten. Die ganze Lampe wird durch eine halbkugelförmige Mattglasglocke

mit Messingfassung und Scharniere überdeckt. Zur Abblendung des Lichtes ist ferner noch ein Vorhang aus Stoff (Abb. 62) vorgesehen.

Für die Beleuchtung der Gänge, Güterabteile und ähnliches gelangen besonders gepreßte metallische Deckenrosetten zur Anwendung, welche

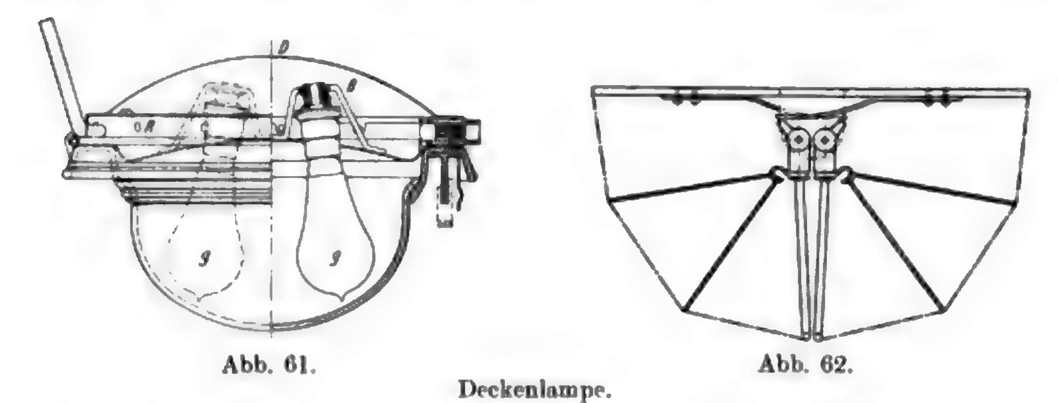


Abb. 61. Abb. 62.
Deckenlampe.

mittels Schrauben an die Deckenwölbung befestigt werden. An diese Rosetten werden die Nippel für die Birnenhülse angelötet. Die Glühbirne nimmt eine senkrechte Lage ein. Diese Rosette wird von einer matten durch drei Schrauben befestigten Glasglocke überdeckt.

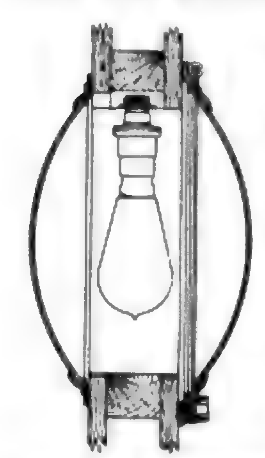


Abb. 63. Wandlampe.

Für die Beleuchtung kleinerer aneinander stoßender Räume, wie Aborte, Abteile für die Schaffner und für die Heizung, reicht eine Lichtquelle aus, es werden daher in die trennende Wand runde Öffnungen eingesägt und in diese die Wandlampen eingesetzt. Die Öffnung wird an den Rändern mit einem Blechmantel ausgekleidet, an welchen der Nippel für die Birnenhülsen angelötet ist. Der Abschluß der Öffnung erfolgt nach beiden Seiten durch mattierte linsenartige Gläser. Das eine dieser Gläser ist festgeschraubt, das andere mittels Scharnieren zum Abheben eingerichtet. (Abb. 63.)

Die der Außenbeleuchtung dienenden Tambourdeckenlampen setzen sich aus einem nach unten, unter einem Winkel von 15° zur Wagrechten abgeschrägten Gußeisenkörper, der Glühlampe und dem luftdicht abschließenden Glasdeckel zusammen. (Abb. 64.) Die gewölbte Fläche des Gußkörpers bildet einen Reflektor, der das Licht der geneigt angebrachten Glühbirne in Form eines schräg gerichteten Kegels zurückwirft, so daß ein großer Teil der Plattform, sowie die Stufen und die Stirnwand des Wagens gut beleuchtet werden.

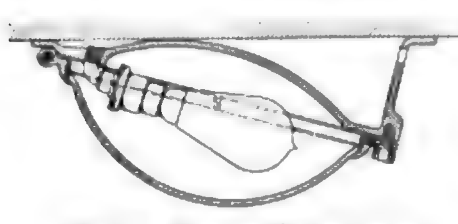


Abb. 64. Tambourdeckenlampe.

Für die äußere Beleuchtung der Eingänge in die Güterabteile der Postwagen werden diese Lampen statt an eine wagerecht an eine lotrechte Fläche angeschraubt. Das Ergebnis der Lichtwirkung bleibt dabei ein gleich gutes.

Kronleuchter und Wandlampen der Speisewagen sind im modernen Stile ausgeführt. Die Kronleuchter haben je drei, die Wandlampen je

eine Glühbirne. Um ein Klirren der Lampen hintanzuhalten, mußten diese Lampen möglichst steif gehalten und gegenseitig mittelst Saiten verspannt werden.

Zur Lüftung der gewöhnlich stark besetzten Speisewagen dienen Deckenventilatoren mit einem Flügeldurchmesser von 660 mm. Diese

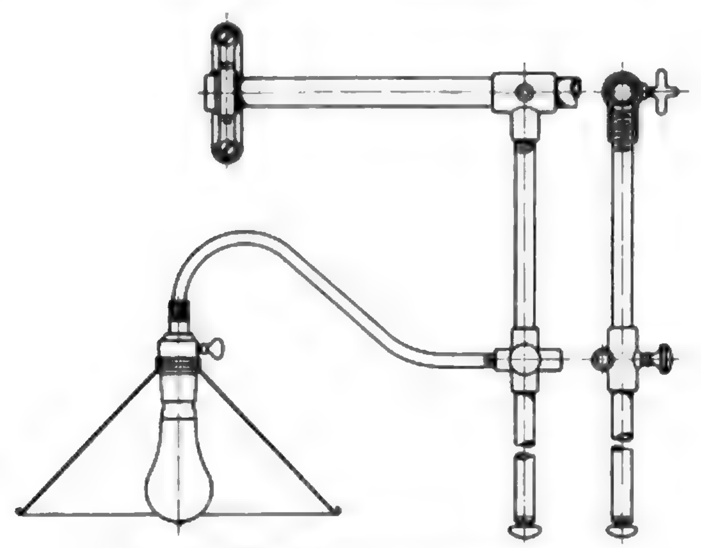


Abb. 65. Verstellbare Postwagenlampe.

verbrauchen bei 780 Umdrehungen in der Minute und einer Spannung von 110 Volt 0·5 Ampere. Die zum Antriebe der Ventilationsflügel dienenden Elektromotoren, System Lundell, sind luftdicht abgeschlossen. Der äußere Mantel besteht aus zwei Halbkugeln mit nach innen rinnen-

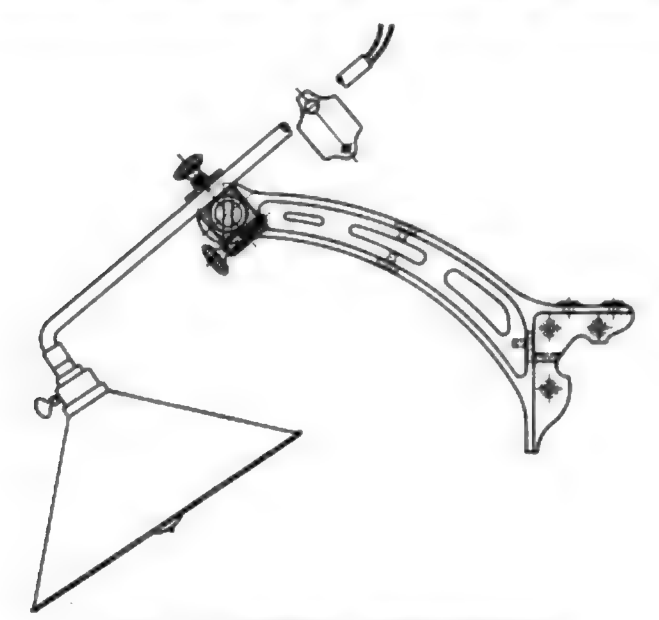


Abb. 66. Verstellbare Postwagenlampe.

artig hervortretenden Polen. Diese Pole tragen eine gemeinsame Erregerwicklung von einer solchen Ausmessung, daß selbst bei Dauerbetrieb eine schädliche Erwärmung nicht auftreten kann. Die Streuung der Kraftlinien

ist infolge der geschlossenen Konstruktion auf ein ganz geringes Maß beschränkt. Ein Funken an den Bürsten tritt auch bei sehr wechselnder Beanspruchung nicht auf. Zur Regelung der Drehzahl der Motoren dient ein abgestufter Vorschaltewiderstand aus Neusilberdrahtspulen, die durch Glimmer isoliert sind. Das Anlassen und Regeln erfolgt mittels eines Schalters, dessen Handgriff freigelegt ist.

In den Postwagen ist quer zu jedem Fenster an besondern Konsolen ein Gasrohr befestigt, längs welchem ein senkrechtes Rohr verschoben werden kann. An einem längs der senkrechten Röhre beweglichen Schlitten ist eine gebogene Röhre befestigt, welche ihrerseits eine Lampe mit Schirm trägt. Hierdurch ist ohne besondere Raumbeanspruchung eine Verschiebung und Feststellung der Lampe in jeder Lage ermöglicht. (Abb. 65.)

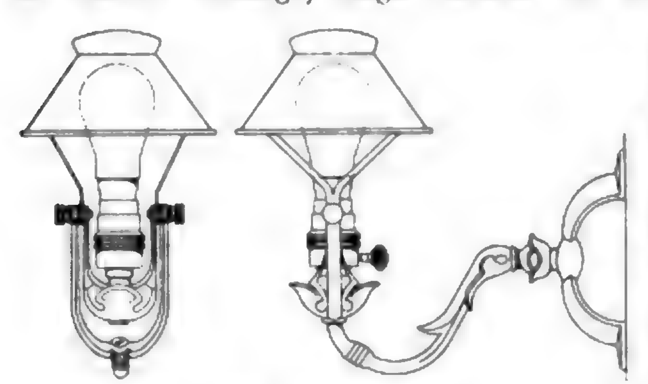


Abb. 67. Tragbare Lampe.

Zur Beleuchtung der Stirnseite des Briefsortierschrankes sind an diesen seitlich zwei Konsolen mit einer Ausladung von 300 mm angeschraubt und durch eine Traverse verbunden, längs welcher zwei kleine Glühlampen mit Metallschirm in beliebiger Richtung verschoben, verdreht und sodann festgehalten werden können (Abb. 66).

Die tragbare Leselampe in den Wagenabteilen (Abb. 67) ist eine mit einem zum Aufhängen bequemen Gestelle und einem Metallschirm ausgerüstete Pendellampe. Eine der drei Pratzen des Gestelles ist mit einer Bohrung versehen, um die Lampe an einem Rosettenhaken aufhängen zu können. Mittels der zwei anderen Pratzen stemmt sich das Lampengestell gegen die Wagenwand an, wodurch die Lampe in einer stabilen Lage erhalten bleibt. Die Lampe läßt sich von der Wand abnehmen und auf einen der kleinen Tische stellen oder in Kopfhöhe auf eine der an der Wand befestigten Rosettenhaken nach Bequemlichkeit aufhängen.

γ) Antrieb der Dynamomaschine durch eine Wagenachse.

Die Versuche, die bewegende Kraft eines Zuges für den Antrieb der Dynamomaschine von einer der Wagenachsen aus zu verwerten, begegneten einer Reihe von ungeahnten Schwierigkeiten.

Schon der Antrieb der Dynamomaschine von der Wagenachse erwies sich als schwierig. Denn der Riemenantrieb war wegen der nicht stetig gleichbleibenden Spannung infolge der Erschütterung der Wagen anfänglich unverläßlich und der Antrieb der Maschine mit Zahnradvorgelege blieb wegen der Änderung der Stellung im Eingriffe so lange untunlich, bis es gelungen war, durch federnde Aufhängung der Dynamomaschine diesem Übelstande zu begegnen.

Wird die Dynamomaschine von irgend einer Wagenachse angetrieben, so muß sie sich der Bewegung dieser Achse, sowohl in bezug auf die Drehgeschwindigkeit als auf die Drehrichtung, auf das genaueste anschmiegen. Die Dynamomaschine ändert jedoch die Spannung mit der Umdrehungszahl

des Ankers und mit dem Wechsel der Drehrichtung auch die Stromrichtung. Spannung und Stromrichtung müssen aber wegen der unerläßlichen Akkumulatoren unbedingt stets gleich erhalten bleiben. Die Dynamomaschine darf daher unter allen Umständen nur Strom gleicher Richtung und gleichbleibender Spannung in die Leitung entsenden, mit welcher Geschwindigkeit und in welcher Richtung sich auch der Dynamoanker dreht. Die Maschine kann jedoch zu Beginn und zu Ende der Fahrt nur eine ungenügende Spannung entwickeln und sind daher Vorkehrungen zu treffen, welche ein Rückströmen der Elektrizität von den Akkumulatoren in die Maschine verhindern.

Das An- und Abschalten der Maschine, sowie die Umkehrung der Stromrichtung bei Wechsel der Drehrichtung muß sich aber selbsttätig vollziehen und darf die Anlage während der Fahrt keine Beaufsichtigung und Wartung erfordern. Die bestimmte Spannung ist schon bei einer von der Höchstgeschwindigkeit des Zuges bedeutend abweichenden Geschwindigkeit zu erreichen.

Hier können nur die wichtigsten Systeme der Achsbeleuchtung beschrieben und bei diesen nur auf das Grundsätzliche und nicht auf die Einzelheiten eingegangen werden. In der Mehrzahl der Fälle beziehen sich die Beschreibungen auf die Einzelwagenbeleuchtung, bei welcher alle elektrisch zu beleuchtenden Wagen mit einer vollständigen Einrichtung ausgerüstet werden. Es läßt sich jedoch diese Art der Beleuchtung mit den entsprechenden Abänderungen auch für die Beleuchtung ganzer Züge anwenden.

Es wird daher hier auch der Unterschied zwischen Einzelwagen- und vollständiger Zugbeleuchtung nicht mehr so strenge festgehalten werden, da sich eines auf das andere leicht übertragen läßt. Im allgemeinen scheint jedoch der Einzelwagenbeleuchtung, trotz der höheren Anschaffungskosten, der Vorzug gegeben zu werden.

Bei dem ersten System, der Achsbeleuchtung von Löbbecke und Österreich, wurde die Regelung der Umdrehungszahl, sowie die stete Gleichhaltung der Stromrichtung auf sehr sinnreichem mechanischen Wege zu erreichen gesucht. Diesem folgte bald das System der Maschinenfabrik in Cannstadt, welche nach den Angaben von Professor Dietrich eine Einrichtung ausgearbeitet hat, die das gleiche Ziel auf rein elektrischem bzw. elektromechanischem Wege zu erreichen suchte. Fast zu gleicher Zeit ersann Ed. Langdon ein System, bei welchem elektrische und mechanische Hilfsmittel in ziemlich gleichem Ausmaße zur Verwendung gelangten. Alle drei Systeme ergaben jedoch im praktischen Betriebe ungünstige Ergebnisse und wurde von weiteren Versuchen abgesehen.

Die erste Einrichtung für Einzelwagenbeleuchtung, von J. N. Lewis im Jahre 1893 auf der Chesapeake and Ohio Railroad versucht, wirkte im ganzen zufriedenstellend, doch machten sich die auftretenden Spannungsschwankungen in dem Lampenlichte empfindlich bemerkbar.

Das System Stone. Dieses von dem Ingenieur Gill der Firma J. Stone & Co. in London ausgearbeitete System fand als erstes in der Praxis Eingang und nunmehr sind über 10000 Wagen nach diesem System eingerichtet. Die Dynamomaschine ist am Wagenuntergestell pendelnd aufgehängt und wird von einer Wagenachse mit einem Riemen angetrieben, dessen Spannung durch ein Handrad vom Wageninnern aus reguliert werden kann (Abb. 68). Auf der Achse der Dynamomaschine sitzt ein

Zentrifugalregulator, welcher einen Ausschalter dann betätigt, wenn die Maschinenspannung gleich der Akkumulatorenspannung geworden ist, und hierdurch den äußeren Stromkreis schließt. In der Ruhelage oder wenn der Zug noch nicht jene Geschwindigkeit erreicht hat, die notwendig ist, um die Dynamospannung auf die erforderliche Höhe zu bringen, werden die Lampen von der am Wagenuntergestell angebrachten Akkumulatorenbatterie mit Strom versorgt. Sowie die Spannung der Maschine bei sich vergrößernder Zuggeschwindigkeit weiter ansteigt, ladet die Maschine die Batterie und speist gleichzeitig die Lampen, wobei sich in den Lampenkreis ein kleiner Widerstand einschaltet. Bei Steigerung der Geschwindigkeit über eine bestimmte Grenze würde auch die Spannung der Maschine zu hoch werden. Sobald diese Grenze erreicht ist, beginnt die Fliehkraft infolge der exzentrischen Aufhänger der Maschine zu wirken, die Maschine nähert sich der Riemenscheibe und der Riemen beginnt zu gleiten. Hierdurch erhält sich die Umdrehungszahl und die Spannung stets auf der gleichen Höhe.

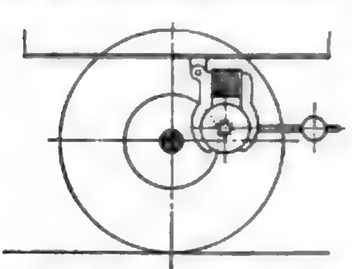


Abb. 68. Aufhängung der Dynamomaschine.

Der mit dem Zentrifugalregulator der Dynamomaschine verbundene Umschalter kehrt bei Wechsel der Fahrtrichtung, also Umkehr der Drehrichtung des Ankers, auch die Pole der Dynamomaschine um, wodurch immer nur Strom gleicher Richtung in die Leitung entsendet werden

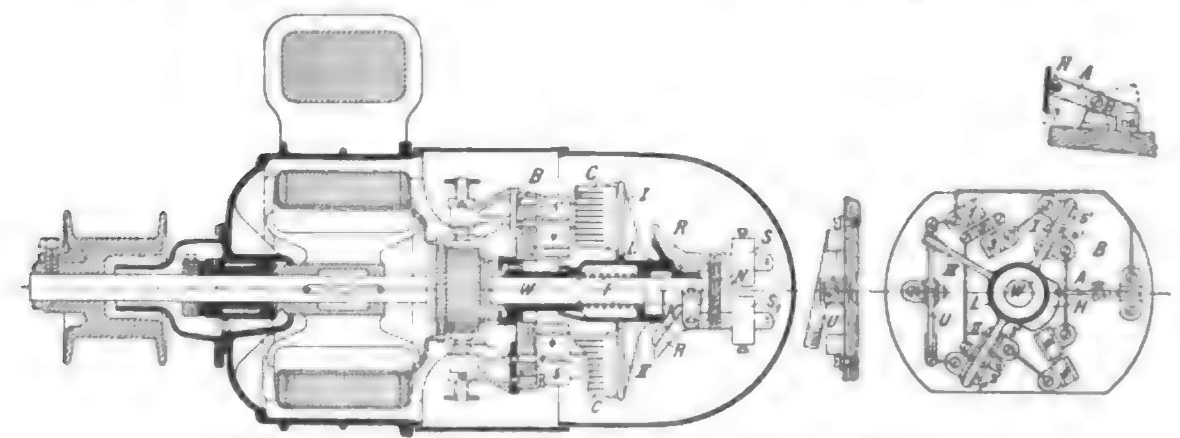


Abb. 69. Dynamomaschine mit Zentrifugalregulator und Schaltbrett.

kann. Diese Umschaltung vollzieht sich durch einen dreiarmigen Kontakthebel auf dem an der Kollektorseite der Dynamomaschine an den Elektromagnetspulen befestigten Schaltbrette. Dieses Schaltbrett aus hartem Holze trägt vier Reihen U-förmiger Kontaktklemmen 1, 2, 3, 4, 5, 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, einen Umschalter *U* und einen Ausschalter *A* (Abb. 69). Die Backen der Klemmen 3 und 3′ sind gegenüber den Backen der anderen Klemmen um 5 mm verkürzt, die äußeren Backen der Klemmen 2, 5 und 2′, 5′ jedoch bedeutend verlängert. Auf die Welle der Dynamomaschine ist gegen die Außenseite die mit einem losen konischen Kopfe abgeschlossene Büchse *L* lose aufgesetzt. Diese Büchse trägt die Arme *I*, *II*, auf welchen, voneinander isoliert, die kammförmigen Kontaktfedern *CC* befestigt sind. Der gleichfalls an *L* befestigte Arm *III* dient zur Betätigung

Digitized by Google

des Umschalters *U*, während der Rand *H* der Büchse in einen gabelförmigen Ausschnitt des Ausschalters *A* eingreift und diesen festhält. Die Büchse *L* wird bei Drehung der Dynamowelle von dieser durch Reibung mitgenommen, doch ist diese Drehung dadurch begrenzt, daß sich die Kontaktfedern *CC* an die verlängerten Backen von 2, 5 und 2′, 5′ anlegen. Der konische Kopf der Büchse *L* trägt zwei Nuten, welche den beiden Hebeln *R* des Zentrifugalregulators zur Führung dienen. Dieser Regulator setzt sich aus diesen beiden Hebeln, den auf diese aufgesetzten Schwungmassen SS_1 und den zugehörigen Federn *N* zusammen.

Die kräftige Feder *F* sucht *L* nach außen zu drücken und in der Ruhelage soweit gegen den Zentrifugalregulator hin zu verschieben, daß die Kontaktfedern *C* außer Eingriff mit den Kontaktbacken kommen. Hierdurch wird auch der Schalter *A* durch den Rand *H* eingeschaltet. Sowie jedoch die Maschine läuft, überwindet der Zentrifugalregulator die Kraft der Feder *F* und drückt die Kontaktfedern *C* in diejenigen Klemmen, gegen welche sie sich infolge der Drehung der Ankerwelle gelegt haben. Der Rand *H* der Büchse *L* unterbricht gleichzeitig den Ausschalter, und der Arm *III* betätigt bei Änderung der Drehrichtung den Umschalter *U*. Bevor jedoch noch die Kontaktfedern *C* zum vollständigen Eingriff in die zugehörigen Backen gelangen, haben sie sich gegen die etwas längeren Backen 1, 2, 4, 5 oder 1′, 2′, 4′, 5′ gelegt, wodurch der Akkumulatorenstrom die Feldmagnete noch vor Einschaltung des Ankers erregt. Läßt die Geschwindigkeit nach, so wird durch den Rückgang des Zentrifugalregulators zuerst der Anker und dann erst die Nebenschlußwickelung der Elektromagnete ausgeschaltet.

Die Schaltungsdarstellungen (Abb. 70 bis 70g) zeigen die jeweiligen Stromverläufe, wie sich solche für die verschiedenen Phasen der Zugbewegung ergeben. Zur Vereinfachung der Übersicht ist der Zentrifugalregulator weggelassen und sind die einzelnen Schalter getrennt gezeichnet. Die Drehrichtung der Dynamo ist durch einen Pfeil, die Polarität durch Beisetzung von Plus und Minus gekennzeichnet. Die den jeweiligen Stromverlauf darstellenden Linien sind voll ausgezogen, wogegen die für die jeweilige Stellung nicht in Betracht kommenden Leitungen durch Strichlinien angedeutet sind. In diesen Schemas bedeuten *C* die Dynamo, *M* die Feldwickelung, *I*, *II* die Kontaktarme, 1, 2, 3, 4, 5, 1′, 2′, 3′, 4′, 5′ die auf dem Schaltbrette befindlichen U-förmigen Kontaktfedern, *A* den Ausschalter, *U* den Umschalter, *W* einen Widerstand, *LU* den von Hand zu betätigenden Lampenschalter und B_1, B_2 die Akkumulatorenbatterien. Die Lampen sind durch Sterne angedeutet.

In der Ruhelage des Zuges gleichen sich die Spannungen der Batterien über den Widerstandsteil *W* aus. Nach den Untersuchungen von Professor Wedding erhöht sich die Spannung der Dynamomaschine selbst dann nicht, wenn die Umdrehungszahl der Triebwelle um das Doppelte steigt.

Diese verhältnismäßig nicht einfache Einrichtung hat sich im praktischen Betriebe bestens bewährt, wofür ihre weite Verbreitung das beste Zeugnis gibt. Als Nachteil wäre nur die Notwendigkeit der Verwendung von zwei Akkumulatorenbatterien hervorzuheben.

Das System Vicarino. Die Dynamomaschine ist eine nach außen vollkommen abgeschlossene zweipolige Kapselmaschine. Diese Maschine

Digitized by Google

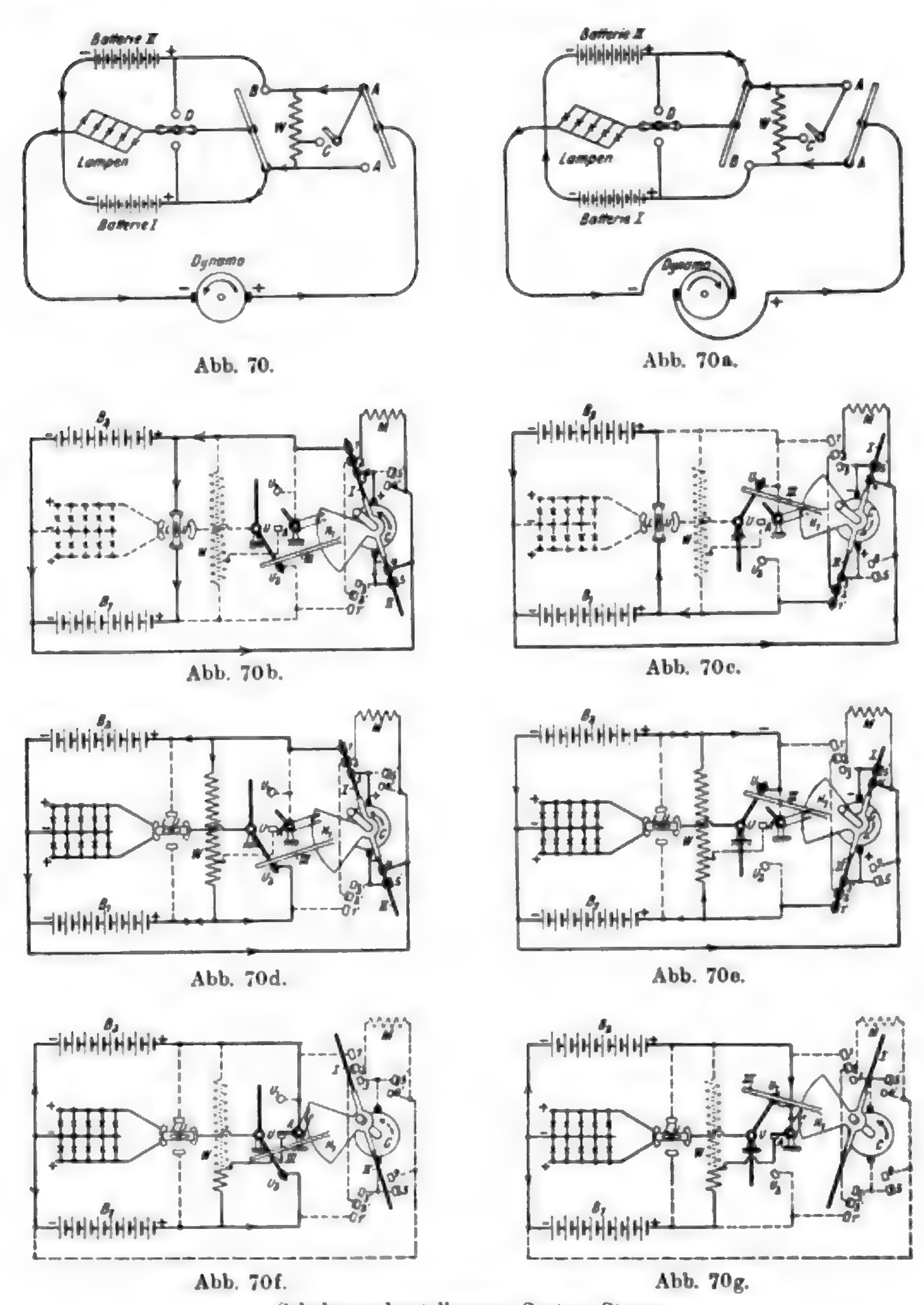


Abb. 70. Abb. 70a.

Abb. 70b. Abb. 70c.

Abb. 70d. Abb. 70e.

Abb. 70f. Abb. 70g.

Schaltungsdarstellungen, System Stone.

wird durch Übertragung der Radachsenbewegung mittels Lederriemen angetrieben. Um die Riemenspannung gleichbleibend zu erhalten, ist die Maschine in einem Scharnier aufgehängt und wirkt dieses im Verein mit einer Feder durch ihr Eigengewicht so auf den Riemen ein, daß er stets in der richtigen Spannung erhalten wird. Der von der Dynamomaschine

gelieferte Strom ladet eine Akkumulatorenbatterie von geringer Kapazität, welche in einer Kiste am Wagenuntergestell untergebracht ist. Diese Batterie speichert die erzeugte Energie auf, regelt die Stromabgabe und versorgt die Beleuchtung während des Stillstandes des Wagens.

Ein zwischen Maschine und Batterie geschalteter selbsttätiger Schalter stellt die leitende Verbindung her, wenn die Dynamomaschine eine der Batteriespannung gleiche Spannung erreicht hat, und unterbricht diese Verbindung, sobald die Dynamospannung unter diese Grenze sinkt.

Die Feldwickelung der Maschine besteht aus zwei Wickelungen, deren eine aus dickem Drahte, die andere aus dünnem Drahte besteht, und die einander entgegenwirken. Die feine Wickelung zweigt von den Dynamoklemmen ab und ist in sich geschlossen, so einen Lokalkreis bildend, der die Maschine erregt. Die dicke Windung wird von dem Akkumulatorenstrom durchflossen. Die beiden Windungen sind nun so berechnet, daß bei Steigerung der Drehgeschwindigkeit der Dynamomaschine sich die Spannung an den Dynamoklemmen nur sehr langsam vergrößern kann. Sowie die Dynamomaschine in Bewegung gesetzt wird, erregt sie sich wie eine Nebenschlußmaschine. Bei annähernd 400 Umdrehungen, bei welchen die Spannung der Maschine die der Batterie um ein Geringes übersteigt, wird sie durch einen selbsttätigen Schalter mit der Batterie in Verbindung gesetzt. Zu gleicher Zeit schaltet dieser Schalter einen kleinen Widerstand in den Lampenkreis, um die durch die Anschaltung der Dynamomaschine auftretende Spannungssteigerung aufzuheben und die Lampenspannung gleichbleibend zu erhalten.

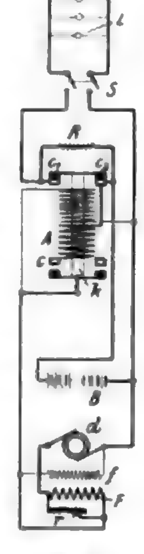


Abb. 71. Schaltung I, System Vicarino.

Die Dynamomaschine arbeitet nunmehr parallel mit der Batterie und ladet sie gleichzeitig auf. Sowie sich die Geschwindigkeit der Dynamomaschine weiter erhöht, ergibt sich auch eine kleine Spannungserhöhung und somit auch eine Erhöhung der Leistung. Da aber der von der Maschine gelieferte Strom durch die dicke Feldwickelung hindurchgeht, sucht er den von der dünnen Erregerwickelung erregten Magnetismus abzuschwächen und dadurch die Spannung herabzudrücken. Es wird demnach, wenn eine bestimmte Geschwindigkeitsgrenze überschritten ist, jede weitere Steigerung der Umdrehungszahl auf die Spannung nur einen geringen Einfluß haben, diese somit praktisch gleichbleiben.

Die Art der Anordnung der einzelnen Organe und deren Verbindung zeigt Abb. 71, in welcher *d* die Dynamo, *f* die dünne Nebenschluß- und *F* die starke Serienwickelung der Feldmagnete, *B* die Akkumulatorenbatterie, *A* den selbsttätigen Maschinenschalter, *R* den Lampenwiderstand, *S* den Lampenschalter und *L* die Lampen bedeuten. *r* ist ein Widerstand, welcher die Erregung zu verstärken oder abzuschwächen gestattet. Die Wirkungsweise dieser Einrichtung erklärt sich nun wie folgt. Zu Beginn des Antriebes wird die Maschine hauptsächlich durch die Nebenschlußwickelung erregt, da der Hauptteil des Maschinenstromes durch die Nebenschlußwickelung über den Widerstand *r* geht, während der andere Teil die feinen Windungen des Schalters *A* durchfließt. Sowie die Maschinenspannung eine ganz bestimmte Größe erreicht hat, wird die Wirkung des

die feinen Windungen des Schalters *A* durchfließenden Stromes kräftig genug, um den Solenoidkern *k* in die Höhe zu ziehen, wodurch sich der Kontakt *c* schließt, dagegen die den Widerstand *R* kurz schließenden Kontakte c_1 c_2 öffnen. Der Maschinenstrom durchfließt nun die wenig Widerstand bietenden dicken Windungen des Ausschalters und steigt hierdurch so an, daß er sowohl die Lampen zu speisen, als auch die Batterie zu laden vermag. Da nun dieser verstärkte Strom die starke Feldwickelung *F* durchfließt, kommt diese nunmehr erst zur Wirkung und trachtet den von der Nebenschlußwickelung *f* erregten Magnetismus abzuschwächen.

Zur Umkehrung der Stromrichtung bei Wechsel der Drehrichtung werden die Dynamobürsten selbsttätig um 180° verdreht. Zu diesem Zwecke sind die Kohlenhälter auf eine bewegliche Gußscheibe montiert und diese auf eine am Lager unbeweglich befestigte konzentrische Hülse aufgeschoben. Diese Scheibe wird nun durch die Reibung der Bürsten am Kollektor im Sinne der Drehrichtung mitgenommen. Die Drehung wird aber durch zwei Widerlager, die nur eine Bewegung von 180° in der Drehrichtung gestatten, begrenzt, so daß die Bürsten, so lange sich die Drehrichtung nicht ändert, stets in der richtigen Lage erhalten bleiben. Zwei isolierte biegsame Kupferkabel führen den von den Bürsten abgenommenen Strom in die Leitungen.

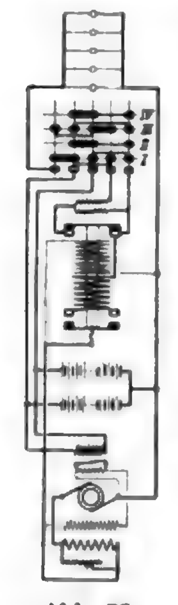


Abb. 72. Schaltung II, System Vicarino.

Bei einer neueren Form der Einrichtung (Abb. 72) kommen zwei Batterien zur Anwendung, und zwar wird die eine Batterie vom Maschinenstrom unmittelbar geladen, während die andere Batterie, welche die Beleuchtung versorgt, über einen regelbaren Widerstand nur so weit Strom erhält, als sie an die Lampen abgibt, so daß ihre Spannung stets gleichbleibend erhalten wird. Bei Stillstand des Zuges versorgen die beiden Batterien in Parallelschaltung die Lampen, es wird aber durch den Abfall des Solenoides, zwischen die voll geladene und die teilweise entladene Batterie, ein Teil des bereits erwähnten regelbaren Widerstandes eingeschaltet, um die Spannung der beiden Batterien auszugleichen.

Ein von Hand zu betätigender Kommutator besonderer Konstruktion kehrt bei jedem Einschalten der Lampen die Verbindung zu den beiden Batterien so um, daß an Stelle der teilweise entladenen Batterie nunmehr die geladene gesetzt wird und umgekehrt. Beim Auslöschen der Lampen verbindet der Kommutator die beiden Batterien in Parallelschaltung mit der Dynamo, so daß beide gleichzeitig aufgeladen werden.

Dieser den Lampenschalter vertretende Kommutator besteht aus einer durch zwei Metallscheiben gebildeten, isolierten Trommel, deren Seitenflächen die an den gegenüber liegenden Wänden befestigten federnden Schleifkontakte leitend verbinden.

Die Trommel ruht auf einer Achse des Kommutators und wird durch einen Vierkantschlüssel von außen gedreht, welche Drehung infolge eines von einer kräftigen Spiralfeder gezogenen Schnappers stets nur in der gleichen Richtung erfolgen kann. Durch das Ausklinken des Schnappers wird die Trommel um den vierten Teil ihres Umfanges verdreht. Die Kon-

takte sind nun in einer Weise angeordnet, daß nach jedem Auslöschen der Lampen die stromversorgende Batterie an Stelle der auf Ladung gestellten Batterie gesetzt wird. Die Verbindung der Kontakte für die vier verschiedenen Stellungen ist aus dem Schema zu ersehen. In der mit *I* dargestellten Lage des Kommutators brennen die Lampen und werden von der unteren Batterie gespeist. In den Lagen *II* und *IV*, die einander gleich sind, werden die Lampen ausgelöscht und die Batterien sind zur gleichzeitigen Ladung parallel geschaltet. In der Lage *III* brennen die Lampen, werden aber nunmehr von der oberen Batterie mit Strom versorgt.

Für Züge mit sehr veränderlicher Laufdauer wird noch die Hinzufügung eines besonderen Apparates empfohlen, dessen Aufgabe es ist, die Spannung zu begrenzen und ein Überladen der Batterien zu verhindern. Dieser Apparat besteht aus einem Elektromagnet, dessen Windungen nur jenem Strome unterworfen sind, welcher sich aus dem Spannungsunterschiede der beiden Batterien ergibt. Er beginnt dann zu wirken, wenn die in Ladung befindliche Batterie eine bestimmte Spannungsgrenze überschritten hat und schaltet in diesem Falle Widerstand in die Nebenschlußerregung der Maschine, welcher deren Spannung ausreichend herabdrückt, um jede für die Batterie schädliche Überspannung zu verhindern. Sowie die Lampen brennen, wirkt dieser Spannungsregler in gleicher Weise auf die Maschine, wenn diese infolge der Sättigung der in Ladung begriffenen Batterie eine Spannung erreicht, die eine Überspannung der Lampen hervorrufen kann.

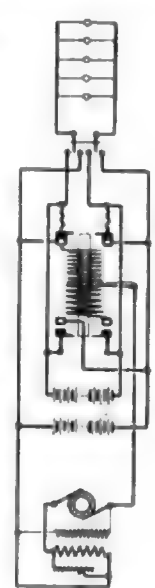


Abb. 73. Schaltung III, System Vicarino.

Bei einer dritten Anordnung (Abb. 73) sind die zwei Batterien in Reihe geschaltet und ist die Maschine für die Gesamtspannung dieser Batterien berechnet, wogegen die Lampen nur mit der halben Batteriespannung brennen. Die Batterien verhalten sich hierbei so, als wenn sie parallel geschaltet wären, indem die eine Batterie bis zur Sättigung geladen wird, die andere dagegen, welche die Lampen mit Strom versorgt, nur einen Strom erhält, dessen Intensität immer geringer ist, als diejenige des Stromes, den sie abgibt.

Bei jedem Stillstande des Zuges werden die Batterien durch den selbsttätigen Ausschalter parallel geschaltet, um die vereinigte Kapazität der beiden Batterien für die Lampenversorgung auszunützen.

An Stelle des Kommutators kommt als Lampenschalter ein nur in einer Richtung drehbarer doppelpoliger Schalter zur Verwendung, der bei jedesmaligem Einschalten abwechselnd eine der beiden Batterien oder auf die Lampen schaltet.

Der regelbare Widerstand *r* (Abb. 71) hat nebstbei den Zweck, Wagen, die für Züge geringerer Geschwindigkeit eingerichtet sind, auch für Züge größerer Geschwindigkeit verwenden zu können und umgekehrt. Es wird nämlich getrachtet, baldmöglichst nach dem Anfahren den erforderlichen Beleuchtungsstrom zu erhalten und so die Batterie tunlichst zu entlasten Gelangt nun ein solcher Wagen in einen schneller fahrenden Zug, so kann die Erregung durch Zuschalten eines entsprechenden Widerstandes abgeschwächt werden.

Das Gewicht der Dynamomaschine beträgt 80 kg und jenes der Akkumulatorenbatterie 120 kg, somit die Mehrbelastung des Wagens 200 bis 320 kg. Jede Batterie ist entsprechend einer Lampenspannung von 32 Volt aus 16 Elementen zusammengesetzt. Die Kapazität der Batterien schwankt zwischen 60 bis 120 Amperestunden und ist ausreichend, um die Beleuchtung durch 6 bis 9 Stunden allein aufrecht erhalten zu können.

Die Leistung der Dynamomaschine beträgt für eine Beleuchtung von zehn Lampen zu 8 NK ungefähr 300 Watt und beansprucht demnach eine Antriebskraft von höchstens $^1/_2$ PS.

Die Lampen werden in zwei Stromkreise geschaltet, um bei Auftreten einer Störung in dem einen Stromkreise die Beleuchtung für den anderen Teil aufrecht erhalten zu können.

Das System Dick. Die hier wie bei allen Achsenbeleuchtungssystemen unterhalb der Wagenkasten angebrachte Dynamomaschine wird mittels Riemen angetrieben. Die Maschine ist beweglich aufgehängt, so daß sie durch ihr eigenes Gewicht, sowie durch eine kräftige Spiralfeder (Abb. 74) einen stets gleichmäßigen Zug auf den Riemen ausübt und dessen Gleiten verhindert. Das Übersetzungsverhältnis der beiden Riemenscheiben ist 1:4.

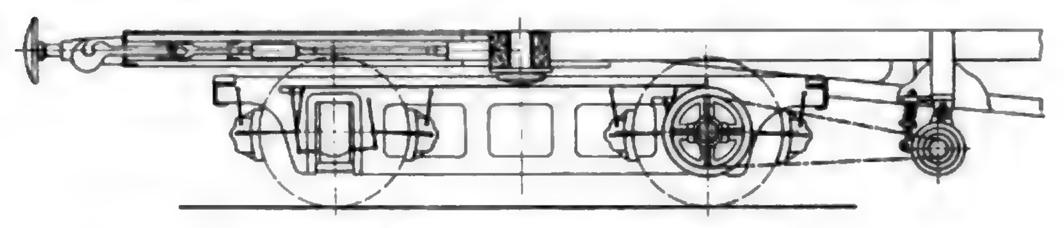


Abb. 74. Dynamoantrieb, System Dick.

Die auf der Wagenachse befestigte Antriebsscheibe ist zweiteilig aus Temperguß hergestellt und wird durch einen gleichfalls zweiteiligen Stellring gegen seitliche Verschiebung geschützt.

Die Dynamomaschine ist vierpolig und hat einen Nutanker mit Trommelserienwickelung. Vier im Winkel von 90° zueinander gestellte Kohlenbürsten, deren Halter in der Drehrichtung verschiebbar sind, dienen der Stromabnahme. Der Anker läuft in Kugellagern und ist die ganze Maschine nach außen hin vollkommen staubdicht abgeschlossen.

Die Regelung der von der Dynamomaschine abgegebenen Spannung und Stromstärke vollzieht sich durch selbsttätige Änderung des Erregerstromes und dient diesem Zwecke ein besonderer Regler, welcher neben einem selbsttätigen Schalter in einem besonderen Schranke untergebracht ist. Unterhalb des Schrankes befindet sich ein von Hand zu bedienender Schalter, mit dem durch einen von außen einsteckbaren Vierkantschlüssel die Lampen ein- und ausgeschaltet werden. Unterhalb dieses Schalters sind die Bleisicherungen für die Dynamomaschine und die Batterien, die Sicherung für die Leitungen ist dagegen auf der oberen Stirnseite des Schrankes angeordnet. Rechts vom Schranke befindet sich eine Blechverschalung, welche die auf einer runden Blechtrommel liegenden Widerstände umgibt.

Der Schaltapparat, welcher die Zu- und Abschaltung der Dynamomaschinen an die Batterien bzw. Glühlampen zu besorgen hat, schließt bei ausgeschalteter Dynamomaschine einen in der Zuleitung zwischen

Maschine und den Glühlampen liegenden Widerstand kurz und schaltet ihn bei angeschalteter Maschine wieder ein. Dieser Apparat besteht aus einem auf einer Grundplatte befestigten Solenoide mit zwei getrennten Wickelungen. Oberhalb des Solenoides ist ein doppelarmiger Hebel drehbar gelagert, an dessen beiden Armenden Zugstangen eingelenkt sind, von denen die linke einen weichen Eisenkern trägt, der in das Solenoid eintaucht. Die rechte Zugstange trägt ein Gegengewicht, welches den Hebel in der Ruhelage rechts nach abwärts und somit links in die Höhe zieht und dadurch eine an der linken Zugstange isoliert befestigte Kontaktgabel aus den beiden zugehörigen Kontaktnäpfen zieht und den Kontakt unterbricht. Gleichzeitig wird eine an der rechten Zugstange isoliert befestigte Gabel in die beiden zugehörigen Quecksilbernäpfe eingetaucht und stellt damit deren leitende Verbindung her.

Der Regler, welcher die Klemmenspannung der Dynamomaschine durch Ein- und Ausschalten von Widerständen in den Erregerstromkreis stets gleich zu erhalten hat, besteht aus einem an einem Bronzerahmen befestigten Solenoid mit zwei übereinander gelegten Wickelungen. Die innere Wickelung besteht aus vielen Windungen dünnen, die äußere Wickelung nur aus wenigen Windungen dicken Kupferdrahtes. Unterhalb des Solenoides befindet sich ein Kontaktgefäß, welches aus einem mit vier Fenstern versehenen metallischen Gehäuse besteht, in welches konzentrisch zur Bohrung Kontaktringe mit dazwischen liegenden Isolierringen eingesetzt sind. Diese Ringe werden mittels einer über denselben angebrachten Mutter fest gegeneinander gepreßt und bilden ein undurchlässiges Gefäß. Die Kontaktringe sind aus Eisenblech hergestellt und haben eine ösenartig ausgebildete Ableitungszunge zur Aufnahme der nach entsprechenden Punkten des Reglerwiderstandes führenden Ableitungskabel. Diese Zungen ragen aus einem der vier Fenster des Gefäßes heraus und sind so angeordnet, daß jede Ableitungszunge gegen die vorhergehende um 90° verschoben ist, wodurch jede vierte Zunge aus dem gleichen Fenster austritt. Der nach unten verlängerte Eisenkern des Solenoides trägt nun am unteren Ende eine zylindrische Hülse aus Isoliermaterial, welche bei stromlosem Solenoide tief in das entsprechend mit Quecksilber gefüllte Gefäß taucht. Das durch die Isolierhülse verdrängte Quecksilber schließt alle Kontaktlamellen und somit auch die Widerstände kurz. Wird jedoch der Eisenkern in das Solenoid hineingezogen, so senkt sich dementsprechend das Quecksilber, wodurch allmählich Widerstand in den Erregerstromkreis der Dynamomaschine geschaltet wird.

Der von Hand zu bedienende Lampenschalter schaltet bei Abstellen der Glühlampen die beiden vorgesehenen Akkumulatorenbatterien parallel Bei eingeschalteten Glühlampen ist nur eine Batterie auf Ladung gebracht, während die andere zur Ausgleichung der an den Glühlampen herrschenden Spannung dient. Bei einem folgenden Einschalten der Glühlampen wird die in Entladung gewesene Batterie auf Ladung gebracht und die geladene Batterie zur Ausgleichung herangezogen.

Dementsprechend ist der Lampenschalter so eingerichtet, daß die Drehung der Schaltwalze mittels Vierkantschlüssels nur in der Richtung des Uhrzeigers, und zwar jederzeit nur um 90° erfolgen kann. Eine Schnappvorrichtung sichert die bestimmte Einstellung der Kontaktwalze auf eine der möglichen vier Lagen.

Jeder Wagen hat zwei Batterien zu je zwölf Elementen mit einer Kapazität für eine sechsstündige Beleuchtung ohne Mitwirkung der Dynamomaschine. Je sechs Zellen werden in einen Trog eingebaut und bilden zwei solcher Tröge, in Reihe geschaltet, eine Batterie. Vier Tröge, zwei Batterien darstellend, werden in einem an dem Unterteile des Wagenkastens befestigten Kasten untergebracht. Die allgemeine Verbindung der Dynamomaschine mit den Batterien, den Apparaten und den Lampen zeigt Abb. 75.

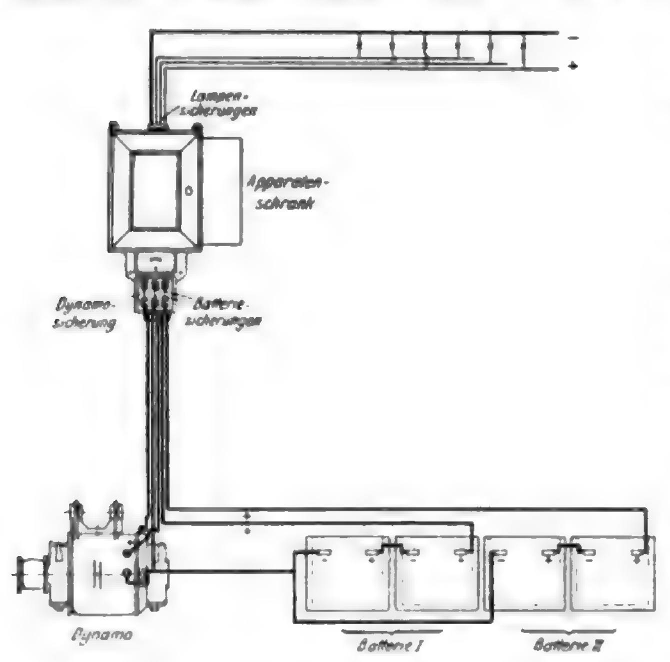


Abb. 75. Anordnung der Apparate, Batterien und Leitungen, System Dick.

In den Abb. 76 und 77 bezeichnet A die Dynamomaschine, C den Schalter, p die Wickelung des Reglers, $U_0 U$ die von Hand zu betätigenden Umschalter, deren gegenseitige Verstellung zwangweise erfolgt, R den Reglerwiderstand, S_I den Lampenwiderstand, S_{II} den Ladewiderstand, G_1 G_2 die Akkumulatorenbatterien und L die Glühlampen. In Abb. 76 sind die Glühlampen abgeschaltet und die Batterien befinden sich in Ladung (Tagfahrt). Die Wirkungsweise erklärt sich nun wie folgt:

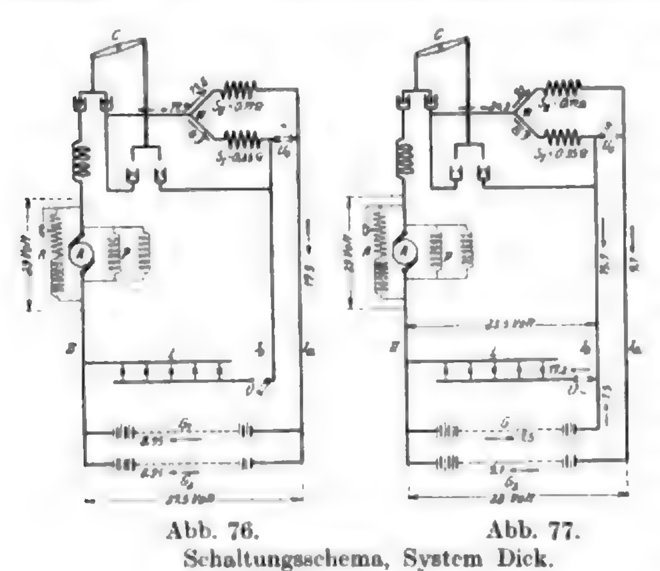


Abb. 76. Abb. 77.
Schaltungsschema, System Dick.

Der Kern des Schaltersolenoides ist in dieses, das Gegengewicht des zweiten Hebelarmes überwindend, hineingezogen und sind dadurch die beiden linksseitigen Kontakte verbunden, somit auch die Batterien parallel geschaltet. Der Strom geht bei anfahrendem Zuge von der Dynamomaschine durch die innere Wickelung des Schalters. Hat die Spannung der Dynamo 24 Volt erreicht, so ist der Strom kräftig genug, um den Schalter zur Wirkung zu bringen und die Batterien anzuschalten. Nunmehr durchfließt der Dynamostrom die dicke Wickelung und die Kontaktstifte tauchen vollständig in die Quecksilbernäpfchen ein. Der Hauptstrom

fließt hierbei von dem positiven Pole durch die dicke Wickelung von *C* über die beiden oberen Kontaktnäpfchen, deren Verbindung durch die Gabel hergestellt wird, zu dem Punkte *W* und von hier durch die Widerstände S_I S_{II}, die Batterien und kehrt zum negativen Pole zurück.

Mit zunehmender Zuggeschwindigkeit vergrößert sich nun auch die Spannung an der Dynamomaschine und dementsprechend auch die an die Batterien abgegebene Stromstärke bis zu einem bestimmten Höchstwert, indem der Regler die Spannung der Maschine auf 29 Volt gleichbleibend zu erhalten sucht.

Bei Ladung der Akkumulatoren vergrößert sich die Gegenspannung und verringert sich dementsprechend auch der Ladestrom. Hat die Spannung jeder Zelle 2·4 Volt, somit die Gegenspannung 29 Volt erreicht, so ist der Ladestrom gleich Null. Es kann somit eine Überladung der Batterien niemals stattfinden.

Bei Einstellung auf Licht durch den Handumschalter *U* (Abb. 77) versorgen die Batterien bei Stillstand des Zuges die Lampen allein mit Strom. Es sind in diesem Falle die beiden unteren Kontaktnäpfe durch die Kontaktgabel verbunden, während die Kontaktgabel des linken Hebelarmes von *C* aus den zugehörigen Näpfen herausgezogen, somit die Verbindung mit der Dynamomaschine unterbrochen ist.

Sowie sich jedoch an den Dynamoklemmen eine hinreichende Spannung ausbildet, wird der Solenoidkern mit Hilfe der feinen Windung in das Solenoid des Schalters hineingezogen, wodurch sich der Kontakt über die oberen Näpfe schließt, dagegen der der unteren Näpfe unterbricht. Es ist dadurch die Verbindung der Dynamomaschine mit den Batterien und den Glühlampen hergestellt. Nach Überschreiten der niedrigsten Zuggeschwindigkeit bestreitet die Dynamomaschine zum größten Teil die Speisung der Glühlampen und fällt der auf Ausgleich stehenden Batterie die wichtige Aufgabe der Regelung zu, um eine möglichst gleichbleibende Lichtspannung zu erhalten.

Der Spannungsabfall der Batterie ist wegen der geringen Stromabgabe äußerst gering, und es machen sich auch dann keine Lichtschwankungen an den Lampen bemerkbar, wenn die Maschinenspannung sich zwischen 24 bis 29 Volt bewegt.

Das Gewicht der vollständigen Dynamomaschine beträgt 200, das Gewicht des Apparatenschrankes samt allen Apparaten 35 und das Gewicht der Batterien voll gefüllt annähernd 320 kg. Die Gesamtbelastung des Wagens durch die Beleuchtungseinrichtung beträgt rund 600 kg.

Das System Aichele. Die Dynamomaschine ist eine in einem Gußeisengehäuse staubdicht abgeschlossene Nebenschlußmaschine von annähernd 2 PS. Sie wird in der Mitte des Wagengestelles aufgehängt und mit Riemen von einer der Wagenachsen angetrieben. Die Gleichhaltung der Stromrichtung bei Wechsel der Drehrichtung vollzieht sich selbsttätig durch Verschieben der Bürsten auf dem Kollektor um eine Polteilung.

Die Akkumulatorenbatterie besteht aus 9 bzw. 18 Zellen von annähernd 140 Amp. St. Kapazität. Je neun Zellen werden in einem am Wagengestell befestigten und jederzeit leicht zugänglichen Kasten untergebracht. Die Batterie wird nur für ganz kurze Zeiten, und zwar während des Anfahrens und Anhaltens, sowie während des Stillstandes des Zuges zur Stromlieferung herangezogen und kann daher ihre Kapazität gering

bemessen werden. Während der übrigen Zeit wird sie unabhängig von der Zuggeschwindigkeit mit gleichbleibendem Strom geladen, der sich außerdem selbsttätig dem jeweiligen Ladezustand der Batterie anpaßt. Eine Überladung der Batterie ist ausgeschlossen.

Die Regelung des Ladestromes in einer der Zugeschwindigkeit und dem Ladezustand sich anpassenden Weise, sowie das Ein- und Ausschalten

Abb. 78. Reglervorrichtungen, System Aichele.

der Dynamomaschine erfolgt selbsttätig durch einen besonderen Reglermechanismus. Dieser regelt gleichzeitig die Lampenspannung in einer Weise, daß die durch den Ladestrom an den Batterieklemmen hervorgerufene Spannungserhöhung ohne Einfluß bleibt und die Lichtstärke bei allen Wechseln in der Zugbewegung keinen Schwankungen unterliegt.

Die einzelnen Teile der Reglereinrichtung sind in einem gemeinsamen

Digitized by Google

16 cm tiefen Eisengehäuse von geringen Abmessungen (65 × 39 cm) untergebracht. Dieses Gehäuse wird außerhalb des Wagens am Wagenuntergestell befestigt.

Die wesentlichsten Teile der Reglervorrichtung, von welcher in Abb. 78 eine Gesamtansicht gegeben ist, sind der Schalter *C* und der Reglermotor *R*. Die Wirkung der Einrichtung ist aus dem Schalteschema Abb. 79 zu entnehmen. Der Schalter besteht aus einem glockenförmigen Elektromagnet mit zwei voneinander getrennten Wickelungen, von denen die dünndrähtige *a* dauernd an die Klemmen der Dynamomaschine angeschlossen ist, während die dickdrähtige *b* erst dann vom Maschinenstrome durchflossen wird, wenn der Schalter bereits betätigt wurde. Sowie der Kern dieser Spulen in die Höhe gezogen wird, legen sich gabelförmig gebogene Kupferfedern, die an dem oberen Ende des Kernes befestigt sind, mit ihren Enden an eine gegenüberstehende Metallplatte und stellen auf diese Weise die Verbindung zwischen Maschine und Batterie her. Eine zweite seitlich am Kern angebrachte Blattfeder legt sich bei hochgezogenem Kerne an einen gegenüberliegenden Stift und schließt einen zweiten Stromkreis. In dem Schema scheinen diese beiden Verbindungen unterhalb des Kernes angeordnet. Bei einer Zuggeschwindigkeit von 25 km wird der Kern des Schalters *C* durch die Spule *a* in die Höhe gezogen, schließt die Verbindung zwischen den Kontakten *ii* und verbindet die Dynamomaschine über die Spule *b* von *C*, I des Reglers *R* und *Z*, mit der Akkumulatorenbatterie. Dieser Anschluß vollzieht sich ohne Funkenbildung. Bei weiterer Steigerung der Zuggeschwindigkeit beginnt Ladestrom durch die Batterie zu fließen. Da die Spule *b* in gleichem Sinne wie die Spule *a* wirkt, bleibt die Verbindung zwischen $i_1 i$ dauernd geschlossen.

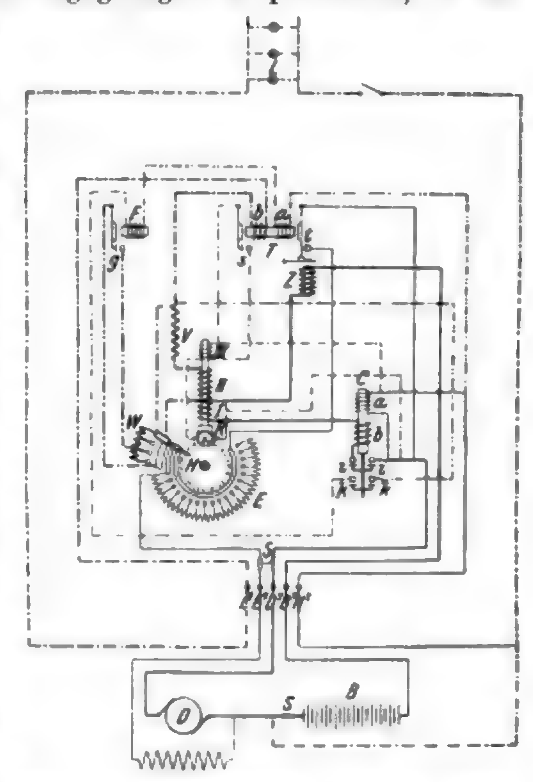


Abb. 79. Schaltungsschema, System Aichele.

Sowie der Maschinenstrom die Spule I von *R* durchfließt, tritt auch der Spannungsregler in Wirkung, der je nach Bedarf Widerstände an die Erregerwickelung an- bzw. von ihr abschaltet. Dieser Regler besteht aus einem kleinen Elektromotor, der seine Bewegung durch Zahnradübersetzung auf den Hebel *H* des Nebenschlußregulierwiderstandes der Dynamomaschine überträgt. Bei Drehung des Motorankers, welche mit geringer Geschwindigkeit nur dann erfolgt, wenn eine Regelung erforderlich ist, gleitet der Hebel *H* auf den im Kreise angeordneten Kontakten des Widerstandes *E*. Die Bewegung wird durch eine auf die Motorachse aufgesetzte, im Felde eines Elektromagneten befindliche Aluminiumscheibe gedämpft.

Die Magnete des Motors tragen drei voneinander getrennte Erreger-

wicklungen, I, II, III. Bei abgeschalteten Lampen wirken gleichzeitig die Wickelungen I und III, durch welche der Maschinenstrom fließt, bzw. an welche die Spannung der Batterie anliegt. Bei Einschalten von Lampen tritt die vom Beleuchtungsstrome durchflossene Wickelung II an Stelle der Wickelung III in Wirksamkeit. Unter der Einwirkung von I wird der Hebel *H* im Sinne einer Vergrößerung, unter Einwirkung von II und III im Sinne einer Verringerung des Widerstandes im Erregerkreise verstellt. Es findet sonach sowohl bei brennenden als abgelöschten Lampen eine aus der Differentialwirkung der Spulen I und II bzw. I und III sich ergebende Spannungsregelung statt. Je nachdem die Wirkung von I oder die von II bzw. III überwiegt, werden Widerstände zur Erregerwickelung zu- oder von ihr abgeschaltet. Heben sich die gegenseitigen Wirkungen auf, so bleibt der Motor in Ruhe.

Bei abgeschalteten Lampen wird der Maschinenstrom und infolgedessen auch der Ladestrom so geregelt, daß sich die Wirkungen der Spulen I und III aufheben. Bei angeschalteten Lampen erfolgt die Regelung durch Einstellen der Spulen I und II auf Gleichgewicht, wodurch sich der Ladestrom entsprechend dem Beleuchtungsstrom selbsttätig einstellt. Das Anwachsen bzw. Abnehmen des Ladestromes wird dadurch geregelt, daß die Wirkung der vom Beleuchtungsstrome durchflossenen Spule II durch allmähliche Vergrößerung bzw. Verkleinerung eines parallel geschalteten Widerstandes *W* zu- bzw. abnimmt. Zu diesem Zwecke sind die Kontakte von *W* so angeordnet, daß sie nur bei der ersten bzw. letzten Bewegung des Hebels *H* bestrichen werden, wodurch eine allmähliche Vergrößerung bzw. Verkleinerung dieses Nebenschlußwiderstandes eintritt.

Einem ähnlichen Zwecke dienen die beiden Elektromagneten *F* und *T*, welche die Spulen II bzw. III teilweise oder vollständig außer Wirkung setzen, wodurch sich, da nunmehr Spule I fast allein wirkt, so viel Widerstand in die Erregerspule einschaltet, daß der Ladestrom sehr klein wird. Außer diesen Vorrichtungen befinden sich in dem Gehäuse des Reglerapparates zwei Schmelzsicherungen für den Haupt- bzw. Nebenschlußkreis der Dynamomaschine, sowie eine Vorrichtung zur selbsttätigen Unterbrechung des Erregerkreises. Das Zusammenwirken der einzelnen Teile der Regler- und Schalteinrichtungen ist nun folgendes:

Steht der Zug still, so ist die Verbindung zwischen der Dynamomaschine und der Batterie im Schaltapparate *C* unterbrochen. Die Lampen erhalten Strom von der Akkumulatorenbatterie. Der Hebel *H* hat sich während des vorhergehenden Anhaltens durch die Einwirkung der durchflossenen Spule II in die äußerste Lage eingestellt, in welcher der Nebenschluß *W*, die Spule II und der Vorschaltewiderstand *V* kurz geschlossen sind. Der Beleuchtungsstrom übt sonach keinen magnetisierenden Einfluß auf den Elektromotor *R*, und die Lampen schließen ohne Vorschaltwiderstand an die Batterie. Das Relais *T* hat unter dem Einflusse der vom Beleuchtungsstrom durchflossenen Spule *a* den Anker angezogen und den Kontakt *s* geschlossen und dadurch die Spule III außer Wirksamkeit gesetzt.

Sowie sich der Zug in Bewegung setzt, entsteht an den Dynamoklemmen eine Spannungsdifferenz, welche bald der Spannungsdifferenz an den Batterieklemmen gleich wird. In diesem Augenblick ist die magnetisierende Wirkung der dauernd an den Dynamoklemmen anliegenden Spule *a*

des Schalters *C* ausreichend, um den Kern in die Höhe zu ziehen und über *i* die Verbindung zwischen Dynamomaschine und Batterie herzustellen. Die Zuggeschwindigkeit hat hierbei 25 km erreicht. Steigt die Zuggeschwindigkeit, so erhöht sich auch die Maschinenspannung und es beginnt Ladestrom in die Batterie zu fließen. Dieser Strom durchfließt die Spule *b* des Schaltapparates *C*, die Windungen I des Elektromotors *R*, und die Spulen des Elektromagnetes *Z*. Die Wirkung der Windung *b* von *C* unterstützt die Wirkung von *a* und bleibt dadurch die Verbindung *ii* aufrecht erhalten. Durch die Einwirkung des die Spule I durchfließenden Ladestromes gelangt der Motor *R* zum Antriebe und dreht den Hebel *H* aus der äußersten Stellung auf den zunächst liegenden Kontakt des Widerstandes *W*. Es liegt nun an Stelle des Kurzschlusses ein Teil des Widerstandes von *W* parallel zur Spule II und zu dem Vorschaltewiderstand *V*. Dadurch fließt ein Teil des Beleuchtungsstromes durch die Spule II, welche in ihrer magnetisierenden Wirkung der Spule I das Gleichgewicht hält und bleibt somit der Hebel *H* so lange in dieser Stellung, bis durch die wachsende Zuggeschwindigkeit die Wirkung der Spule I wieder überwiegt und sich der Hebel *H* auf den folgenden Kontakt von *W* legt. Hierdurch wird der die Spule II durchfließende Teil des Beleuchtungsstromes wieder größer, so daß wieder Gleichgewicht zwischen I und II auftritt und der Hebel *H* kurze Zeit auf diesem Kontakte ruhen bleibt. Steigt der Maschinenstrom weiter an, so wird der Hebel *H* neuerdings in der gleichen Richtung verdreht. Der Hebel gleitet nun langsam über die einzelnen Kontakte des Widerstandes *W*, wobei sich der durch II und den Vorschaltewiderstand *V* fließende Stromteil immer vergrößert, bis nach Verlassen von *W* durch den Hebel *H* der ganze Beleuchtungsstrom II und *V* durchfließt. Dadurch wird der aus den beiden parallelen Zweigen *V* und II einerseits und dem eingeschalteten Teil von *W* anderseits gebildete Vorschaltwiderstand stufenweise vergrößert, stellt sich entsprechend dem ansteigenden Ladestrome ein und es entspricht der Spannungsabfall, welchen der unveränderliche Lichtstrom durch diesen veränderlichen Widerstand erleidet, der Spannungszunahme an den Batterieklemmen, hervorgerufen durch das Verschwinden des Entladestromes und das Anwachsen des Ladestromes.

Hat der Hebel *H* bei Vergrößerung der Zuggeschwindigkeit den Widerstand *W* verlassen, so fließt der volle Beleuchtungsstrom durch die Spule II. Die weitere Einstellung des Hebels *H* vollzieht sich nunmehr unter der gleichzeitigen Einwirkung der Spulen I und II. Die Ruhelage des Hebels *H* bei den verschiedenen Zuggeschwindigkeiten entspricht stets einer Ladestromstärke, die in unveränderlichem Verhältnisse zur Lichtstromstärke steht. Die Ladestromstärke erleidet nur dann eine Veränderung, wenn sich die Zahl der eingeschalteten Lampen ändert, und zwar so, daß sie mit der Beleuchtungsstromstärke steigt oder fällt. Hierdurch können die Lampen beliebig ausgelöscht werden, ohne daß ein Ersatzwiderstand eingeschaltet zu werden braucht. Bei dem Durchbrennen einer Lampe tritt gleichfalls keine Spannungserhöhung ein.

Das Verhältnis der Windungszahlen von I und II läßt im äußersten Falle nur die für die Zellen zulässige Ladestromstärke erreichen.

Nähert sich die Batterie dem Zustande vollständiger Ladung, so zieht der Elektromagnet *F* unter dem Einflusse der steigenden Ladespannung der Batterie seinen Anker an und schaltet durch Schluß des Kontaktes

bei *g* einen Teil des Widerstandes *W* ein. Es fließt sonach durch II nicht mehr der volle Beleuchtungsstrom, I überwiegt und stellt den Hebel *H* so ein, daß durch I nur mehr Beleuchtungsstrom fließt. Die Klemmenspannung der Batterie nimmt dadurch ab, wird aber an den Lampen nicht fühlbar, weil sich der Vorschaltewiderstand der Lampen durch Einschalten eines Teiles von *W* verringert. Die Spannungserhöhung der Akkumulatoren im letzten Zustande der Ladung wird sohin an den Lampen nicht merklich, und es kann auch eine Überladung der Batterie nicht eintreten. Sinkt die Spannung an den Akkumulatoren infolge vermehrter Stromabgabe, so läßt der Elektromagnet *F* seinen Anker los und öffnet dadurch den Schluß des Widerstandes *W* bei *g*, und es findet wieder eine Ladung der Batterie bei vergrößertem Lampenvorschaltwiderstand statt.

Bei abnehmender Fahrgeschwindigkeit schaltet der Elektromotor unter dem Einflusse des unverändert bleibenden Beleuchtungsstromes Widerstände aus der Nebenschlußerregung, bis der Hebel an *W* angelangt ist. In diesem Augenblicke schaltet er diesen Widerstand parallel zur Spule II und zu dem Vorschaltewiderstande *V*, und es vollzieht sich in umgekehrter Reihenfolge genau der gleiche Vorgang wie beim Anfahren, und der vor den Lampen befindliche Vorschaltewiderstand wird stufenweise verkleinert. Der Ladestrom verschwindet vollständig, wenn der Hebel *H* auf den ersten Kontakten von *W* angelangt ist. Im Schalteapparat *C* wirkt nur mehr die dünne Spule *a* und hält den Kern gerade noch im angezogenen Zustande fest. Bei weiterer Spannungsabnahme sinkt der Kern ab und hebt dadurch die Verbindung zwischen Maschine und Batterie auf. Bei Abschalten aller Lampen verschwindet der Beleuchtungsstrom und damit auch die anziehende Wirkung der Spule *b* auf den Kern des Apparates *T*, der Anker bleibt jedoch unter der Einwirkung der Spule *a* angezogen. Wird jedoch beim Anhalten des Zuges der Stromkreis der Spule *a* von *T* durch den Schalter bei *kk* unterbrochen, so läßt auch der Anker von *T* los und unterbricht den Kontakt *s*, und der Kurzschluß der Windung III wird aufgehoben. Es tritt nun diese Spule bei dem nächsten Anfahren in Wirkung. Der Ladestrom wird nun durch die Spulen III und I so geregelt, daß er unabhängig von der Zuggeschwindigkeit stets gleich stark bleibt. Sind die Batterien nicht voll aufgeladen, so vermag die Spule *a* den linksseitigen Anker von *T* zwar festzuhalten, aber nicht auch den losgerissenen Anker wieder anzuziehen. Es wird daher der Kontakt *s* durch Schließen der Verbindung *kk* beim neuerlichen Ausschalten der Dynamomaschine so lange nicht geschlossen, bis sich die Batterie nicht dem Endzustande ihrer Ladung nähert, in welchem Falle die erhöhte Klemmenspannung der Batterie die Spule *a* ausreichend stark erregt, um diesen Anker neuerdings anzuziehen. Das Schließen des Kontaktes *s* setzt III außer Wirkung, wodurch Hebel *H* die Felderregung auf so kleine Werte bringt, daß der Ladestrom vollständig verschwindet.

Beim Anhalten wird der Stromkreis der Spule *a* von *T* bei *kk* neuerdings unterbrochen und damit die Spule III von *R* wieder wirksam und stellt sich demnach beim Anfahren der Elektromotor neuerdings auf die normale Ladestromstärke ein, wenn mittlerweile eine Stromentnahme stattgefunden hat. Es regelt sich sonach die Ladung der Akkumulatorenbatterie wie bei einer stationären Anlage.

Um die Apparate für alle Fälle vor dem Auftreten zu großer Strom-

Digitized by Google

stärken zu sichern, sind in den Haupt- und Nebenschlußkreis der Dynamomaschine sowie in den Kreis der Batterie Schmelzsicherungen eingefügt. Außerdem verhindert eine besondere Sicherheitsvorrichtung bei einer Störung des Regelungsvorganges durch eine Unterbrechung des Batteriekreises das Ansteigen der Maschinenspannung auf eine für die Lampen schädliche Höhe. Zu diesem Zwecke erhält der Elektromagnet *T* einen zweiten Anker, dessen Abreißfeder so stark gespannt ist, daß erst beim Auftreten einer Überspannung die vereinte Wirkung der Spulen *a* und *b* den Anker zur Anziehung bringt und dadurch den Kontakt *t* und damit den Stromkreis der Dynamomaschine unterbricht. Diese Unterbrechung wird durch eine Sperrklinke festgehalten und bleibt bis zur Behebung der Unterbrechung des Batteriekreises aufrecht, indem erst dann der von der Batterie in die Lampen entsendete Strom den im Batteriekreis befindlichen Elektromagnet *Z* so erregt, daß er durch Anziehung eines Ankers die Sperrung aufhebt.

Neuere Einrichtung einiger D-Züge der Preußischen Staatsbahnen. Bei dieser Einrichtung werden alle beweglichen Regelungseinrichtungen vermieden und ist die Einrichtung so einfach gestaltet, daß die Bedienung den gewöhnlichen Bahnbediensteten überlassen werden kann.

Zur Spannungsregelung an den Lampen dienen Eisendrahtvorschaltwiderstände. Um die Spannung der von der Wagenachse angetriebenen

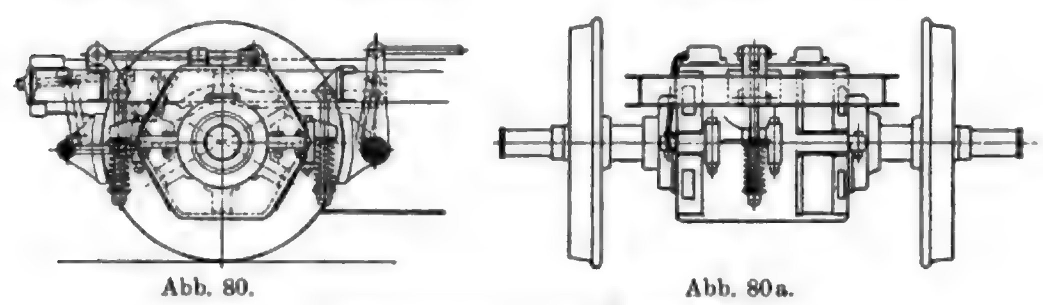


Abb. 80. Abb. 80a.

Dynamomaschine auf der Wagenachse.

Dynamomaschine nicht höher steigen zu lassen, als die Batteriespannung beträgt, gelangen Maschinen mit einer den Hauptstrom führenden Gegenwickelung zur Verwendung. Die eigentliche Erregerwickelung wird von der Akkumulatorenbatterie gespeist. Die den Hauptstrom führende Gegenwickelung läßt die Maschinenspannung mit steigender Geschwindigkeit nur soweit ansteigen, als zum vollen Aufladen der Batterien erforderlich ist. Der Erregerwickelung vorgeschaltete Eisendrahtwiderstände verhindern ein übermäßiges Ansteigen des Erregerstromes und bieten dadurch auch Schutz gegen zu hohe Maschinenspannung, indem sie bei zu starkem Ansteigen der Spannung durchbrennen und die Maschine stromlos machen.

Die Maschine wurde bei einer Einrichtung unmittelbar auf die Wagenachse aufgesetzt (Abb. 80 und 80a). Die zylindrische Nickelstahlachse ist mit einem Bunde versehen, welcher eine seitliche Verschiebung der Maschine verhindert. Auf diese Achse ist ein Stahlrohr mit Schlitzen an beiden Enden aufgepreßt, auf welches die Ankerbleche und die Kollektorlamellen aufgesetzt sind. Dieses Rohr wird durch warm aufgezogene schmiedeiserne Ringe festgehalten. Das Maschinengehäuse mit den Elektromagnetpolen ist einesteils in Lagern auf die Achse aufgesetzt, andernteils federnd an dem Wagenuntergestell aufgehängt, wodurch die Achse um ein

Drittel des Gewichtes entlastet wird. Die obere Hälfte des Dynamogehäuses ist mit einer Öse versehen, durch welche die Maschine mittels einer Eisenstange mit dem Wagenuntergestelle verbunden wird, und bleibt daher deren Lage selbst bei Auftreten eines Fehlers in der Federung unverändert.

Diese Maschine, für die Beleuchtung eines vollständigen Zuges bestimmt, hat eine Leistung von 17 KW. Eine Luftkühlung ist in der Art angeordnet, daß kupferne Röhren an beiden Seiten durch die beiden Maschinenhälften hindurchgeführt werden.

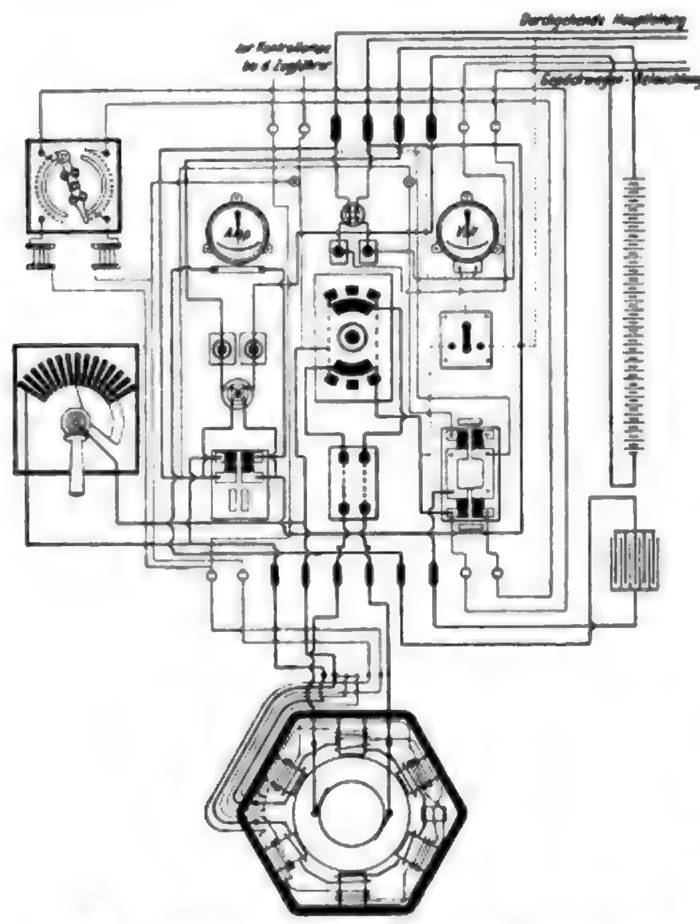


Abb. 81. Schaltungsschema, Preußische Staatsbahnen.

Die Kabel von den Bürsten bzw. den Magnetwickelungen führen nach einem oben an der Maschine angebrachten Klemmbrett, von wo aus sie durch Kanäle zur Schalttafel im Wagen geleitet werden. Es gelangen hierfür sehr flexible, mit Eisendraht beklöppelte Kabel zur Verwendung. Revisionsluken im Wagenboden, mit Eisenplatten gedeckt, gestatten auch während der Fahrt, die Maschine von oben zu beobachten und die Leitungsverbindungen zu untersuchen.

Der Stromkreis der Batterie ist ebenso wie die Maschinenleitung auf dem Schaltbrett mit Sicherungen und Ausschaltern versehen. Abb. 81 stellt das Schaltungsschema im Gepäckwagen dar. In der Mitte der Schalttafel befindet sich ein von Hand zu betätigender Polwechsler, um bei geänderter Fahrtrichtung die Maschinenpole umzuschalten, damit den Batterien stets Strom gleicher Richtung zuführend.

Um bei einem Versehen des mit der Umschaltung beauftragten Schaffners ein zu starkes Ansteigen der Maschinenspannung und ein Durchbrennen der Lampenvorschaltwiderstände hintanzuhalten, ist die Maschine mit einer zweiten Erregerwickelung versehen. Die von der Batterie erregte Wickelung wird vom Strome stets im gleichen Sinne durchflossen. Die zweite Wickelung wird von der Maschine selbst erregt und wechselt deren Stromrichtung mit der Fahrtrichtung. Ist nun die Schaltung eine falsche, d. h. sind die Maschinenpole bei wechselnder Fahrtrichtung in

Bezug auf die Batterie nicht vertauscht worden, so wirkt diese Zusatzerregung der Batterieerregung entgegen und schwächt das Magnetfeld ab, so daß die Maschinenspannung nur eine für die Beleuchtung ungefährliche Höhe erreichen kann.

Über dem Schaltbrette befindet sich eine an die Erregerwickelung der Maschine angeschlossene Glühlampe, die bei voller Fahrt leuchtet und die Kontrolle gibt, daß der Polwechsler richtig gestellt ist. Um eine Entladung der Batterien durch die Dynamomaschine hintanzuhalten, wenn die Maschinenspannung unter die Batteriespannung sinkt, werden Polarisationszellen in die Leitung zwischen Maschine und Batterie geschaltet. Diese Zellen, welche den Strom nur in einer bestimmten Richtung durchlassen, bestehen aus Aluminiumplatten, denen Eisenplatten in einem alkalischen Elektrolyt gegenüber gestellt sind.

Die Konstruktion der Aluminiumzelle ist jener der Akkumulatoren ähnlich. Vollständig ebenen, 2 mm starken Aluminiumplatten befinden sich in einem ammoniakalischen Elektrolyt 1 mm starke Eisenplatten gegenüber. Die Platten sind durch Glas voneinander isoliert und in einem Gefäße aus Eisenblech eingebaut. Diese Gefäße werden in einen mit Traggriffen und Anschlußklemmen versehenen Holzkasten eingesetzt. Der Holzkasten ist durch eine Auskleidung gegen den zerstörenden Einfluß des etwa austretenden Elektrolytes geschützt. In vorliegendem Falle, wo es sich um Höchststromstärken von über 200 Amp. handelt, sind statt einer großen vier kleinere Zellen angeordnet, wovon je zwei sich in einem gemeinsamen Holzkasten befinden. Die Zellen selbst sind in einem Behälter am Wagenuntergestell untergebracht.

Diese Zellen lassen, wenn sie längere Zeit unbenutzt stehen, einen größeren Rückstrom durch, ehe sie abschneiden. Damit nun dieser Rückstrom nicht so stark wird, um die Sicherungen durchschlagen zu können, werden die Zellen vorher mit der Batterie über einen Widerstand verbunden, zu welchem eine Glühlampe parallel geschaltet ist. Nach Verlauf einiger Zeit schließt die Zelle ab und die Lampe, welche anfangs geleuchtet hat, erlischt. Für diesen Zweck befindet sich auf dem Schaltbrett links unten ein doppelpoliger Umschalter. Ist der Hebel nach unten geschlagen, so ist die Aluminiumzelle in den Betriebsstromkreis geschaltet, bei nach oben geschlagenem Hebel jedoch auf die Batterie verbunden.

Auf dem Schaltbrette befinden sich, ebenso wie in jedem Wagen, Kontakte, an welchen durch Einstöpseln eines Voltmeters die Spannung zwischen positivem bzw. negativem Pol und Erde gemessen werden kann, um sich über den Isolationszustand des Leitungsnetzes Aufklärung zu verschaffen.

Um den Polwechsel auch ohne elektromagnetisch oder mechanisch angetriebene Vorrichtung selbsttätig wirkend zu erreichen, wurden nach dem Vorschlag von Dr. E. Rosenberg vier Aluminiumzellen in gleicher Art angeordnet, wie solche bei der Grätzschen Schaltung für die Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom durch Aluminiumzellen verwendet sind. Die gewählte Schaltung der Einrichtung zeigt Abb. 82. Der Strom geht bei der einen Fahrtrichtung durch die Zellen *a*, und es schneiden die Zellen *b* den Strom ab. Bei der entgegengesetzten Fahrtrichtung geht der Strom durch *b* und die Zellen *a* schneiden ab. Es läßt sich nämlich jeder die Richtung wechselnde Strom als Wechselstrom auffassen, wenn auch der Wechsel sich nur selten vollzieht.

Digitized by Google

Eine bedeutende Vereinfachung in der Einrichtung hat sich nunmehr dadurch ergeben, daß es Dr. E. Rosenberg gelungen ist, eine Dynamomaschine zu erfinden, welche bei allen Umdrehungszahlen fast stets die gleiche Spannung und damit die gleiche Stromstärke liefert, auch unabhängig von der Drehrichtung stets nur Strom gleichbleibender Richtung entsendet.

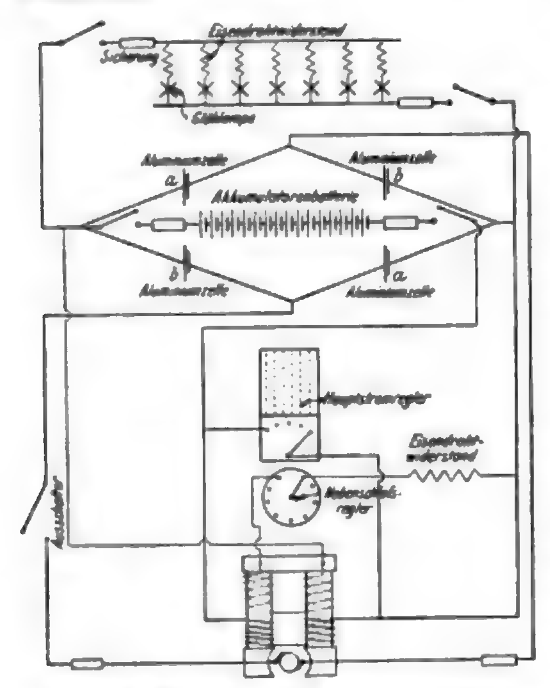


Abb. 82. Schaltung von Graetz-Rosenberg.

Es bedarf infolgedessen keines anderen Hilfsapparates mehr, als eines solchen, der bei Stillstand oder zu geringer Geschwindigkeit die Entladung der Batterie durch die Dynamomaschine verhindert.

Die Grundlage des Aufbaues dieser Maschine, um bei jeder Drehrichtung Strom gleicher Richtung zu erhalten, bildete eine Anordnung von H. Rosenberg. Bei dieser befindet sich (Abb. 83) eine Hauptmaschine und eine kleine Hilfsmaschine auf einer gemeinsamen Achse, wobei die letztere nur zur Erregung der ersteren Maschine dient. Die Feldwickelung f der Hilfsmaschine wird von den Akkumulatoren Q erregt, und es ändert die Maschine demnach bei jedem Wechsel der Drehrichtung ihre Polarität. Der Ankerstrom dieser Hilfsmaschine erregt nun das Feld der Hauptmaschine, und diese muß wegen der gemeinsamen Drehung der beiden Anker, da bei jedem Wechsel der Drehrichtung auch das Feld F der Hauptmaschine umpolarisiert wird, stets Strom gleicher Richtung in die Leitung entsenden.

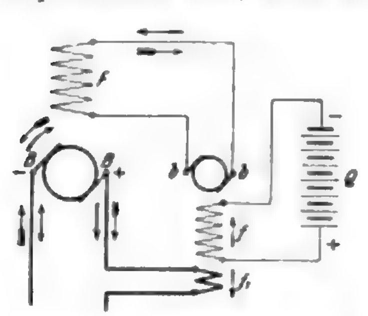


Abb. 83. Dynamomaschine, H. Rosenberg.

Um nun bei steigender Stromstärke eine Feldschwächung herbeizuführen, mithin den Strom wie bei einer Maschine mit Gegenfeldwickelung für alle Drehgeschwindigkeiten, möglichst gleichmäßig zu erhalten, ist an der Hilfsmaschine eine vom Ankerstrom der Hauptmaschine durchflossene Gegenwickelung f_1 angebracht, durch welche bei wachsendem Hauptstrom das Feld der Hilfsmaschine und dadurch wieder mittelbar das Feld der Hauptmaschine geschwächt wird.

Eine Vereinfachung durch Vereinigung beider Maschinen in eine einzige, bestand darin, daß man auf eine einzige Ankerwickelung zwei Felder wirken ließ, da die Anwendung einer doppelten Ankerwickelung auszuschließen war. Bei einer gewöhnlichen Grammewickelung kann aber nur ein zur Bürstenverbindung senkrechtes Feld eine Spannung zwischen den Bürsten erzeugen.

Ordnet man ein zweites Bürstenpaar senkrecht zu dem ersten an,

Digitized by Google

so erhält dieses dann eine Induktion von dem zweiten Felde und ist gegen das erste Feld unempfindlich.

Eine solche Maschine stellen die Abb. 84 und 84a schematisch dar. Diese zweipolige Maschine hat das Aussehen einer vierpoligen, und es stehen beide Bürstenpaare in einer feldfreien Zone. Die Maschine hat

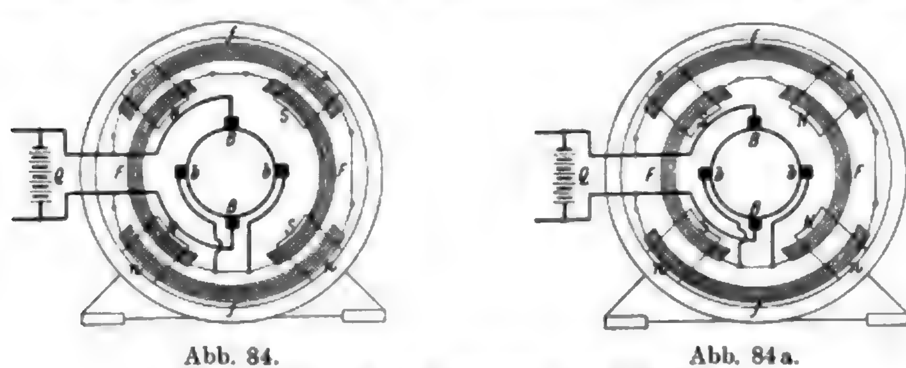


Abb. 84. Abb. 84a.
Dynamomaschine E. Rosenberg mit zwei Feldern.

zwei Feldwickelungen, deren eine *f* von der Batterie *Q* erregt wird und die beiden oberen und unteren Polstücke umfaßt. Die oberen Pole werden hierbei zu Südpolen *ss* und die unteren zu Nordpolen *nn*; dem so gebildeten Magnetfeld entsprechen die Bürsten *bb*, deren Polarität sich beim Wechsel der Drehrichtung umkehrt.

Von diesem Bürstenpaar zweigt nun eine zweite Feldwickelung ab, welche gegen die erste um 90° verschoben ist. Bei Rechtsdrehung erzeugt diese Wickelung das Feld *SSNN* und bei Linksdrehung ein entgegengesetztes Feld *NNSS*. Diese Wickelung schafft sonach eine magnetische Symmetrieachse in horizontaler Richtung, wodurch eine Übereinanderlagerung der von beiden Wickelungen erzeugten Kraftlinien stattfindet. Theoretisch genommen entwickelt sich jedes Feld so, als wenn das andere nicht vorhanden wäre, so daß auf die Bürsten *bb* nur die senkrechten, auf die Bürsten *BB* nur die wagerechten Kraftlinien wirken. Der Wickelung *F* wird nun der wechselnden Fahrtrichtung entsprechend von den Bürsten *bb* Strom wechselnder Polarität zugeführt und dadurch das wagerechte Hauptfeld umgekehrt. Die Bürsten *BB* müssen daher stets Strom gleicher Richtung entsenden und können mit der Akkumulatorenbatterie verbunden werden.

Abb. 85 und 85a.
Dynamomaschine
E. Rosenberg
mit zwei Bürstenpaaren.

Bei der neuesten Maschine gelangt das vom Anker erzeugte Querfeld, welches bei gewöhnlichen Maschinen zu unterdrücken gesucht wird, zur vollen Verwertung; Abb. 85 und 85a zeigen das Schema einer solchen Maschine, welche zwar in den Abmessungen von ungewöhnlicher Form, doch einer gewöhnlichen Dynamomaschine gleicht und ihr gegenüber nur den einzigen Unterschied aufweist, daß ein zweites Bürstenpaar *BB* hinzugekommen ist und das der gewöhnlichen Dynamomaschine entsprechende Bürstenpaar *bb* kurzgeschlossen wird.

Digitized by Google

Das ursprüngliche Feld einer solchen Maschine kann, wenn die Maschine mit voller Geschwindigkeit läuft, sehr klein sein, da nur eine geringe Spannung im Anker induziert zu werden braucht, um bei Kurzschluß der Bürsten den normalen Strom durch den Anker zu senden. Dieses ursprüngliche Feld ist in Abb. 86 durch *OI* dargestellt. Die von dem ursprünglichen Feld herrührende Polarität der Polschuhe ist in den Abb. 85 und 85a mit *nn* bzw. *ss* bezeichnet. Durch den Ankerstrom entsteht nun ein im Sinne der Drehrichtung um 90° verschobenes Querfeld, welches erheblich stärker als das Primärfeld ist. Bei der gewöhnlichen Dynamomaschine wird die Feldstärke durch die Ankerrückwirkung am vorderen Rande des Polschuhes geschwächt und am rückwärtigen verstärkt, oder der Anker erzeugt ein Feld, das am vorderen Teile des Polschuhes dem ursprünglichen Felde entgegengesetzt, am rückwärtigen Teile hingegen gleichgerichtet ist. Es lagert sich sonach (Abb. 85) bei Rechtsdrehung der Maschine über die linke Hälfte des oberen und unteren Polschuhes je ein Nordpol *N* und über deren rechte Hälfte je ein Südpol *S*.

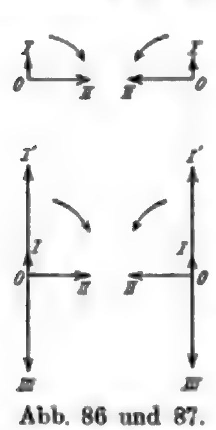


Abb. 86 und 87. Amperewindungsdiagramme.

Ebenso wie bei der Maschine in Abb. 84 und 84a lagern sich hier über die ursprünglichen Pole mit senkrechter Symmetrieachse neue, und zwar stärkere Pole mit horizontaler Symmetrieachse. Die Stellung der Buchstaben *SS* und *NN* zu den Buchstaben *ss* und *nn* zeigt, daß das Sekundärfeld gegen das Primärfeld im Sinne der Drehrichtung um 90° verschoben ist. Dies zeigt das Diagramm in Abb. 86. Das Sekundärfeld ist bei Rechtsdrehung gegen das Primärfeld um 90° nach rechts, und bei Linksdrehung um 90° nach links verschoben. Die Bürsten *BB* in der senkrechten Achse werden nur von dem wagerechten Feld *OII* beeinflußt, und da dieses Feld bei Rechtsdrehung jenem bei Linksdrehung entgegengesetzt ist, so können die Bürsten *BB* nur Strom gleichbleibender Richtung abgeben.

Werden die Hauptbürsten durch einen äußeren Widerstand belastet, dann erzeugt der diesen Bürsten entnommene Ankerstrom ein quer zu dem wirksamen Felde gerichtetes Feld, welches der Drehrichtung gleichfalls um 90° voraus eilt. Dieses tertiäre Feld ist sonach gegen das sekundäre Feld um 90° und gegen das primäre um 180° verschoben. Ist nun der den Hauptbürsten entnommene Nutzstrom größer als der Hilfsstrom, der zwischen den kurzgeschlossenen Bürsten fließt, so wird im Amperewindungsdiagramm (Abb. 87) *OIII* größer sein als *OII*. Soll sich nun der verlangte Ankerstrom wirklich ausbilden können, so sind auf das Magnetsystem so viele Amperewindungen aufzubringen, daß sie den Gegenwindungen *OIII* des Ankers genau das Gleichgewicht halten. Diese sind durch die Strecke *OI'* dargestellt.

Diese Amperewindungszahl läßt sich, weil die Maschine parallel zu den Akkumulatoren arbeiten soll, nicht durch eine zusätzliche Hauptstromwicklung hervorbringen. Man bemißt daher die an die Akkumulatoren angeschlossenen Erregerwindungen von Anfang so, daß eine Amperewindungszahl *OI'* vorhanden ist.

Die zur Erzeugung des Primärfeldes nötigen Amperewindungen betragen für die mittlere Geschwindigkeit ungefähr 10 % der für die Anker-

Digitized by Google

kompensation erforderlichen, und es enthalten demnach die Erregerspulen eine um 10% größere Anzahl von Amperewindungen, als zur Kompensation des normalen Nutzstromes erforderlich ist, wobei der zwischen den Bürsten fließende Strom etwa 40% dieses Nutzstromes beträgt. Jede weitere Steigerung des Nutzstromes schwächt das Primärfeld und daher auch den magnetisierenden Strom zwischen den Hilfsbürsten. Es kann mithin der Nutzstrom niemals höher steigen als um 10% des normalen Nutzstromes, selbst wenn sich die mittlere Umlaufzahl vervielfacht, weil, wenn dieser Wert erreicht ist, die Ankeramperewindungen den Primäramperewindungen genau gleich werden und das Primärfeld verschwinden würde.

Bei Sinken der Umdrehungszahl der Maschine unter das Mittel hat der Nutzstrom das Bestreben, abzunehmen; hat er jedoch um 10% abgenommen, so bleibt von den der Kompensation des normalen Nutzstromes dienenden primären Amperewindungen ein Überschuß, der doppelt so groß ist wie bei der mittleren Geschwindigkeit. Dieser Überschuß erzeugt nun ein gegenüber dem früheren doppelt so starkes Primärfeld, und dieses wieder trotz der geringeren Umdrehungszahl einen um etwa 40% stärkeren Strom zwischen den Hilfsbürsten, und es wird das Sekundärfeld fast umgekehrt proportional zur Umdrehungszahl verstärkt.

Es läßt sich daher für gleichbleibende Spannung die normale Umdrehungszahl auf einen sehr kleinen Wert herabdrücken, bevor der Ladestrom verschwindet, da eine sehr große Reserve an Kompensationsamperewindungen vorhanden ist, welche bei abnehmender Geschwindigkeit zur Feldverstärkung herangezogen wird. Die Regulierung ist eben darauf begründet, daß das Feld durch einen Unterschied von zwei für den normalen Betrieb fast ganz gleichen Größen hervorgerufen wird und die geringste Änderung des Subtrahenden eine bedeutende prozentuale Änderung dieses Unterschiedes bedingt, wodurch ein Reservoir geschaffen ist, welches alle Ansprüche auf eine Feldveränderung, wie solche bei der Änderung der Umlaufsgeschwindigkeiten notwendig wird, vollkommen deckt.

Das Ampere- und Voltmeter einer solchen Maschine, die auf einen Widerstand arbeitet, bleibt, insbesondere bei geringer Spannung der Maschine, nahezu fest auf einem Punkt, wie sehr man auch die Umlaufszahl innerhalb der höchsten und niedersten Grenze abändern mag.

Die beschriebene Gleichstrommaschine reguliert, von einer gewissen Spannung angefangen, auf nahezu gleichbleibende Stromstärke ein und ergibt bei gleichbleibendem Widerstand im äußeren Kreise, von einer bestimmten Umdrehungszahl angefangen, auch eine nahezu gleichbleibende Spannung. Befindet sich in diesem äußeren Kreis eine Akkumulatorenbatterie, so richtet sich die Spannung der Maschine nach der Zellenzahl und dem Ladezustand der Batterie, und die Maschinenspannung schmiegt sich sonach der Netzspannung an.

Sinkt die Umlaufsgeschwindigkeit so weit, daß die Spannung unter jene der Akkumulatoren herabgeht, so ist eine Entladung dieser durch die Maschine zu erwarten. Um eine solche zu verhindern, wird ein Rückstromschalter oder eine Aluminiumzelle zwischen Maschine und Batterie geschaltet.

Diese Maschine ist gegen Änderungen der Belastung äußerst empfindlich und müßte bei Wegfall der Belastung eine gefährlich hohe Spannung annehmen. Zur Beseitigung dieser Gefahr wird dem Erreger-

kreis eine Reihe der bereits erwähnten Eisendrahtwiderstände in Wasserstoffgas vorgeschaltet, die bei Eintritt eines solchen Ereignisses normal in dunkler Rotglut abbrennen, wodurch die Maschine erregungslos wird. Diese Vorschaltwiderstände haben aber noch den weiteren Zweck, die Erregerstromstärke unabhängig von dem jeweiligen Ladezustand der Batterie stets gleichbleibend zu erhalten, und es wird zu diesem Zweck ein Teil dieser Widerstände parallel geschaltet.

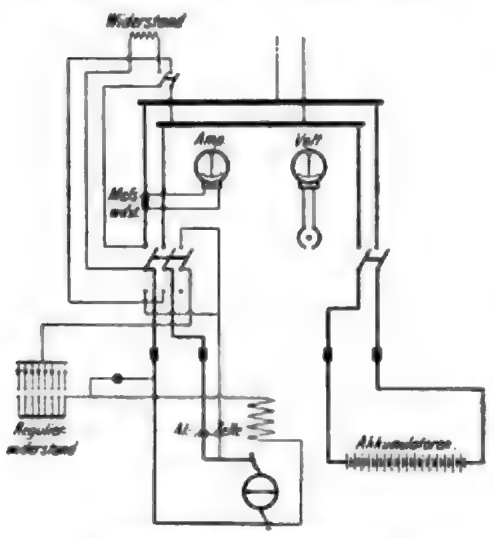


Abb. 88. Schaltungsschema für die Beleuchtung eines Zuges.

Die Maschine, welche in ihren Abmessungen von einer normalen Maschine stark abweicht, soll einer solchen in bezug auf Größe, Erwärmung, Stromabgabe und Kommutierung ziemlich gleichwertig sein, einen günstigen Wirkungsgrad haben und, weil in Kugellagern laufend, sehr geringe Reibungsverluste aufweisen.

Die Maschine wird an dem Drehgestell eines Wagens befestigt und mittels Riemen von einer der Wagenachsen angetrieben. Von einer Ausrückung des Riemens zurzeit des Nichtgebrauches der Maschine wird Abstand genommen, weil der Verbrauch an Reibungsarbeit bei Leerlauf sehr gering ist und beispielsweise für eine Maschine, die 4 PS bei Belastung zum Antrieb erfordert, nur 0·02 PS beträgt, hingegen der Riemen hierdurch sehr geschont wird und Abhebevorrichtungen bei Eisenbahnwagen immer mißlich sind.

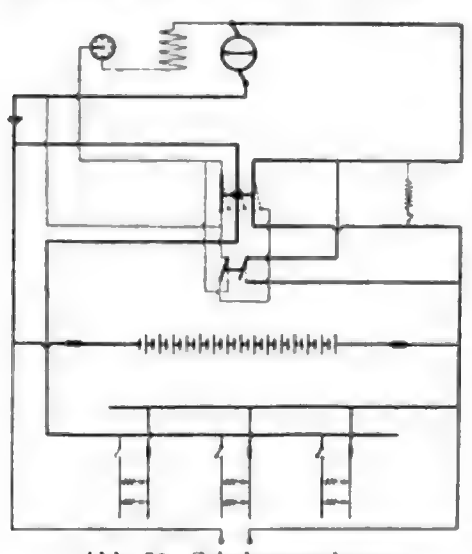


Abb. 89. Schaltungsschema für Einzelwagenbeleuchtung.

Durch den Wegfall jeder mechanischen oder elektromagnetischen selbsttätig wirkenden Reglervorrichtung gestaltet sich der Ausbau und die Leitungsverbindung, wie aus Abb. 88 zu ersehen, außerordentlich einfach, da die einzige vom Schaffner zu bedienende Vorrichtung ein dreipoliger Ausschalter ist. Diese Abbildung bezieht sich auf die Einrichtung eines Gepäckwagens, von welchem aus die Energie für einen vollständigen Zug geliefert wird. Die Schaltung für die Einzelwagenbeleuchtung (Abb. 89) läßt die Einfachheit der Einrichtung noch besser erkennen. Bei dieser Einrichtung können die Lichtleitungsnetze der einzelnen Wagen durch eine Ausgleichsleitung mit einander verbunden werden, wodurch eine große Betriebssicherheit erreicht wird, da im Falle des Versagens der maschinellen Einrichtung eines

Digitized by Google

Wagens, dessen Beleuchtung durch den vor- oder nachlaufenden Wagen aufrecht erhalten werden kann.

Das System Leitner-Lucas. Auch bei diesem Systeme ist die von einer der Wagenachsen angetriebene Gleichstromdynamo selbstregelnd, d. h. sie stellt sich für die verschiedenen Umdrehungszahlen des Ankers innerhalb sehr weiter Grenzen auf eine bestimmte Spannung ein, welche niemals überschritten wird. Dagegen muß bei Änderung der Fahrt-, somit auch der Drehungsrichtung eine Umsteuerung platzgreifen, welche sich durch entsprechende Bürstenverschiebung selbsttätig vollzieht. Das An- und Abschalten der Dynamomaschinen von der Akkumulatorenbatterie vollzieht sich gleichfalls selbsttätig durch eine auf dem Differentialprinzip aufgebaute Schaltvorrichtung.

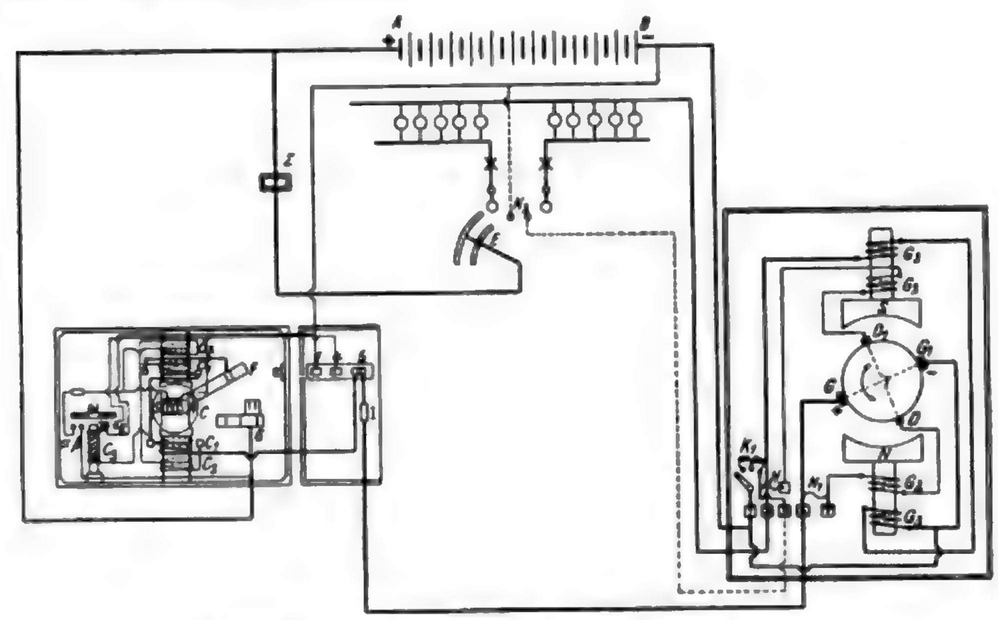


Abb. 90. Schaltungsschema, System Leitner-Lucas.

Eine nicht unerläßliche Ergänzungseinrichtung bildet ein zweiter Regler zur Gleichhaltung der Lampenspannung, der nebstbei noch einige andere Funktionen zu vollziehen hat. Findet dieser Regler keine Anwendung, so werden an dessen Stelle Vorschaltwiderstände mit positivem Temperaturkoeffizienten angeordnet.

Die Dynamomaschine ist vierpolig, erscheint jedoch in Abb. 90 behufs Erleichterung der Übersicht nur zweipolig vorgeführt. Es sind zwei gegenseitig im rechten Winkel zueinander verschobene Bürstenpaare GG_1 und DD_1 vorgesehen und die Feldmagnete mit zwei Wickelungen G_2G_3 ausgerüstet. Die Wickelungen G_3, welche vom Lampenstrome durchflossen werden, sind als unwesentlicher Teil der Anordnung anzusehen. Der Hauptzweck dieser Wickelungen ist der, die richtige Magnetisierung der Magnetkerne wieder herzustellen, falls eine Ummagnetisierung stattgefunden haben sollte. Die unterstützende Wirkung zur Verstärkung des Feldes ist wegen der kleinen Windungszahl und des die Windungen durchlaufenden schwachen Stromes eine sehr geringe.

Die Spannungsregelung beruht auf der Ausnützung der Ankerrückwirkung oder der Verschiebung des magnetischen Kraftflusses bei Belastung

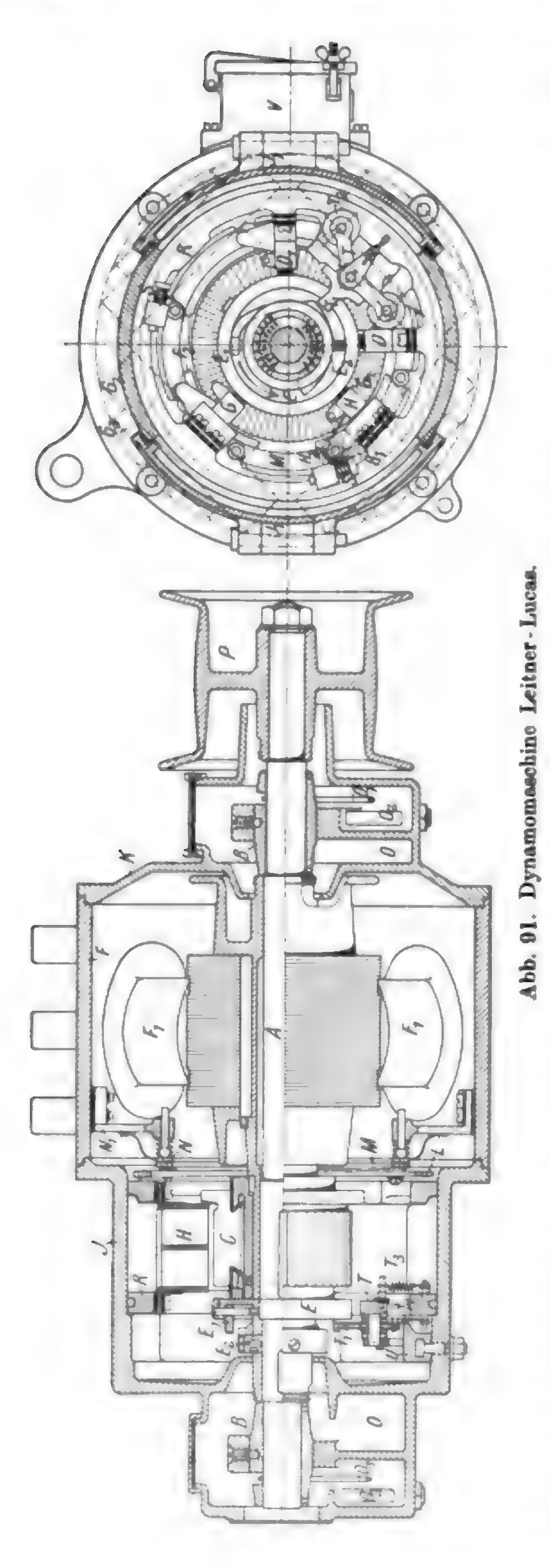


Abb. 91. Dynamomaschine Leitner-Lucas.

der Maschine. Diese Verschiebung wird um so größer, je mehr die Drehgeschwindigkeit des Ankers ansteigt. Die Aufgabe der beiden, gegenüber den gewöhnlichen oder Hauptbürsten GG_1 als Hilfsbürsten bezeichneten Bürsten DD_1 ist nun, die durch die Steigerung der Drehgeschwindigkeit an den Hauptbürsten auftretende Spannungssteigerung zu kompensieren. Diese sind daher zur Erfüllung ihres Zweckes mit den Erregerwicklungen, die auch von dem Strome der beiden Hauptbürsten durchflossen werden, im Nebenschlusse verbunden. Würden sich die beiden Hauptbürsten GG_1 in der neutralen Lage und die beiden Hilfsbürsten DD_1 im rechten Winkel zu diesen befinden, so könnten letztere keine Wirkung haben. Durch Verschieben der ganzen Bürstenserie in der Drehrichtung gelangen jedoch auch die Bürsten DD_1 zur Wirkung und helfen anfänglich, so lange die Verschiebung des Kraftflusses noch nicht groß genug ist, das Nebenschlußfeld verstärken. Mit steigender Umdrehungszahl des Ankers nimmt aber auch die Verschiebung weiter zu und wird endlich das Hauptfeld so weit verdreht, daß die Bürsten DD_1 unwirksam und die Nebenschlußwindungen nur durch die Generatorspannung erregt werden. Bei weiterer Steigerung der Ankergeschwindigkeit verdreht sich das Feld noch weiter und beginnen sodann die Hilfsbürsten eine Spannung einzuliefern, die dem normalen Nebenschlußstrome entgegenwirkt, was eine Schwächung des Nebenschlußfeldes bewirkt

Digitized by Google

und somit die Wirkung der erhöhten Drehgeschwindigkeit aufhebt. Die zwischen DD_1 auftretende gegenelektromotorische Kraft kann niemals gleich dem Spannungsunterschiede zwischen den beiden Hauptbürsten werden, weil diese gegenelektromotorische Kraft, welche nur durch die Wirkung des Hauptstromes aufrecht erhalten wird, sofort mit Hauptstrom verschwinden müßte.

Die mit G_3 bezeichneten Feldspulen sind in Reihe zu den Lampen geschaltet und führen nur dann Strom, wenn der Schalter E geschlossen wird, sie üben auch keinen weiteren Einfluß auf die Maschine aus, als die Erregung bei Beginn zu unterstützen.

Die Spannung der Maschine bleibt für alle Umdrehungszahlen des Ankers von 500 bis 2000 in der Minute praktisch vollkommen die gleiche. Der Strom hingegen steigt anfänglich sehr rasch an, erreicht bei etwa 750 Umdrehungen den Höchstwert und fällt sodann langsam wieder ab. Der Wirkungsgrad der Maschine schwankt zwischen 75 und 78%.

Die für den Antrieb der Dynamomaschine von der Lokomotive zu liefernde Kraftmenge ist eine verhältnismäßig sehr geringe. Der höchste Kraftbedarf tritt bei mittlerer Geschwindigkeit auf und nimmt mit steigender Geschwindigkeit wieder langsam ab.

Die Abb. 91 gibt die Einzelheiten dieser Maschine und bedeuten in dieser A die Armatur einschließlich der Achse, der Mutterschrauben und aller drehenden Teile mit Ausnahme der Riemenscheibe und des Stromwenders, B die Achslager, C den Kommutator, DD_1 die Hilfsbürsten, E den Stromwender, E_1 einen bei Wechsel der Drehrichtung in den Hemmbolzen T_1 eingreifenden Arm des Stromwenders, E_2 Pufferfedern für den Stromwender, F das Feldmagnetjoch, F_1 die Polstücke, F_2 die lamellierten Polschuhe, GG_1 die Hauptbürsten, G_2 die Nebenschlußfeldwindungen, G_3 die nur den Lampenstrom führenden Reihenfeldwindungen, H die Bürstenhalter, H_1 Druckhebel, um die Kohlen an den Kommutator zu pressen, H_2 ein Sperrad zum Zusammendrücken einer Feder und damit verbundenem Einstellen des Druckes von H_1 auf die Kohlenhalter, J das Kommutatorgehäuse, K den Abschlußrahmen für die Riemenscheibe, L Sammelplatten für die Hauptbürsten, M Sammelplatten für die Hilfsbürsten, N Kontaktstücke mit Feder, N_1 Kontaktstücke mit Knagge, O Ölbehälter für die Achslager, O_1 Ölringe, O_2 Ölrinnen, P die Riemenscheibe, R einen die Bürsten tragenden Ring, welcher durch einen Schlitten, soweit dies die federnden Begrenzungsstücke gestatten, bei Wechsel der Drehrichtung verschoben wird, S die federnden Begrenzungsstücke, T den die Umstellung besorgenden Schlitten, T_1 den in den Arm E_1 eingreifenden Hemmbolzen, T_2 Führungsrollen des Schlittens, T_3 Feder zum Festhalten von T, T_4 Feder zum Festhalten von T_1 in der Endlage, U Führungsschiene, längs welcher der Schlitten bei Wechsel der Drehrichtung gleitet, und V den Abschlußdeckel des Dynamokastens.

Die Art und Weise der Anordnung der Maschine unter dem Wagengestelle zeigt Abb. 92.

Zur Gleichhaltung der Stromrichtung bei Wechsel der Fahrtrichtung werden sämtliche Bürsten bei jedem Wechsel der Fahrtrichtung um einen bestimmten Winkel verdreht und vollzieht sich diese Drehung mit Hilfe des Gabelarmes E_1 (Abb. 91) selbsttätig. Dieser Arm ist an dem Anker so befestigt, daß er dessen Drehung mitmachen muß, sich aber außerdem noch verdrehen kann. Dieses Gabelstück ist an dem einen Ende zu einer Art Spitze aus-

gebildet, am anderen Ende dagegen stark gehalten. Erreicht der Zug die mittlere Geschwindigkeit, so wird für die eine Drehrichtung durch die Fliehkraft der massige Teil des Gabelstückes nach außen, dessen Spitzen hingegen nach innen, gegen die Ankerachse zu, verschoben und geht diese Spitze sodann, wenn sich der Schlitten T in der richtigen Lage befindet, an dem Hemmbolzen T_1 vorbei. Befindet sich jedoch der Schlitten in der entgegengesetzten Lage, so erfaßt die Spitze den Hemmbolzen T_1 und nimmt diesen samt dem Schlitten T so lange mit, bis der mit dem Schlitten verbundene Bürstenring R sich um den bestimmten Winkel verschoben hat. Nach Vollzug dieser Drehung des Schlittens kann die Spitze für diese Drehrichtung wieder an dem Hemmstifte vorbeigleiten. Dreht sich der Dynamoanker jedoch in entgegengesetzter Richtung, so verschiebt sich der massige Teil des Gabelstückes nach innen und die Spitze nach außen, wodurch letztere neuerdings in den Hemmstift eingreift und mit diesem den ganzen Schlitten samt Zubehör wieder in die ursprüngliche Lage zurückbringt, worauf die Spitze wieder an T_1 vorbeigleiten kann. Die Bürsten befinden sich hierbei für jeden Richtungswechsel nur einen Bruchteil einer Sekunde in Bewegung und verbleiben dann so lange in ihrer Endlage, als nicht ein neuer Wechsel der Fahrtrichtung eintritt. Durch Anschlagstücke und Pufferfedern ist für die richtige und stoßfreie Begrenzung der Bewegung vorgesorgt.

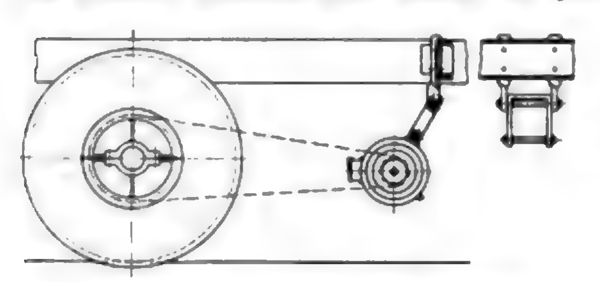


Abb. 92. Dynamoantrieb Leitner-Lucas.

Das An- und Abschalten der Dynamomaschine an die Akkumulatoren bewirkt der in der Abb. 90 linksseitig dargestellte selbsttätige Schalter, dessen Wirken einzig und allein von dem Unterschiede zwischen Batterie- und Maschinenspannung abhängig gemacht ist.

Sobald die Dynamomaschine annähernd eine Spannung von 15 Volt erreicht hat, gelangt das Relais C_3 zur Wirkung, zieht den Anker an und schließt hierdurch den Stromkreis der Akkumulatorenbatterie B einesteils über die schwingende Armatur C, anderenteils über die feinen Windungen C_2 des Relais und die Armatur der Dynamomaschine.

Durch richtige Wahl der Windungsrichtungen von C und C_2 wird der mit C verbundene Schalthebel F in der bezeichneten abgehobenen Lage festgehalten. Dies dauert jedoch nur so lange, als die Batteriespannung die Maschinenspannung noch überwiegt. Beim Ansteigen der Maschinenspannung schwächt sich der in den feinen Windungen kreisende Strom ab, sinkt bei Gleichheit der beiden Spannungen auf Null und nimmt bei Überwiegen der Dynamospannung die entgegengesetzte Richtung an, wodurch die Polarität der Elektromagnetkerne umgekehrt wird. Die Stromrichtung in der schwingenden Armatur bleibt aber die gleiche und senkt sich infolge der nunmehr umgekehrten Einwirkung auf die schwingende Armatur, der Schalthebel F nach abwärts und schließt die Verbindung zwischen den Schaltfedern *6*, wodurch die beiden dünnen Windungen C_2 des Relais C_3 kurzgeschlossen, dagegen die starken Reihenwindungen C_1 vom Dynamostrome durchflossen werden, welche nun, da sie im gleichen

Digitized by Google

Sinne wie die feinen Wickelungen gewunden sind, den Schalthebel so lange festhalten, bis die Spannung der Maschine so weit herabsinkt, daß die Gegenwirkung einer mit dem Schalthebel verbundenen Feder nicht mehr überwunden werden kann und dieser Hebel hierdurch von den Schaltfedern abgehoben wird. Sobald der Schalter auf diese Weise geöffnet wird, gelangen wieder die feinen Wickelungen zur Wirkung und unterstützen die Abreißfeder.

Dem Spannungsregler für die Lampen fällt die Aufgabe zu, gegenüber den wechselnden Batteriespannungen die Lampenspannung stets gleichbleibend zu erhalten und außerdem eine Überladung der Akkumulatorenbatterie, namentlich zur Tageszeit, zu verhindern.

Die Wirkung dieses gleichfalls selbsttätig wirkenden Reglers erklärt sich an der Hand der schematischen Darstellung des Stromverlaufes, Abb. 93, wie folgt. Der durch die Buchstaben M, S, Q, Q_1 bezeichnete Apparat, welcher als Spannungswage bezeichnet wird, stellt nichts anderes als eine besondere Form eines sehr kräftig gebauten und wirksamen Voltmeters dar. Das positive Ende des Solenoides M wird durch N_3 gebildet, welches einen mit M in Serie geschalteten nach Bedarf einstellbaren Widerstand darstellt, und mit einer Reihe sich unmittelbar folgender Widerstände N verbunden ist. Diese Widerstände sind mit Kontaktknöpfen verbunden, zu welchen der Strom von dem positiven Ende des Systemes über 5 und den Kontaktarm W zugeleitet wird. Würde sich der Arm W in der Lage befinden, daß er den Kontaktknopf bei N berührt, so wären alle Widerstände abgeschaltet und bloß N_3 mit M in Reihe verbunden. Unter dieser Bedingung würde das Solenoid M, vorausgesetzt, daß die Lampen abgestellt sind, den Zug der einstellbaren Feder S dann ausgleichen, wenn die Spannung der Batterie annähernd 2 Volt für die Zelle erreicht hat. So wie die Lampen abgeschaltet sind, wird M nur dann erregt, wenn die Dynamo sich in Drehung befindet.

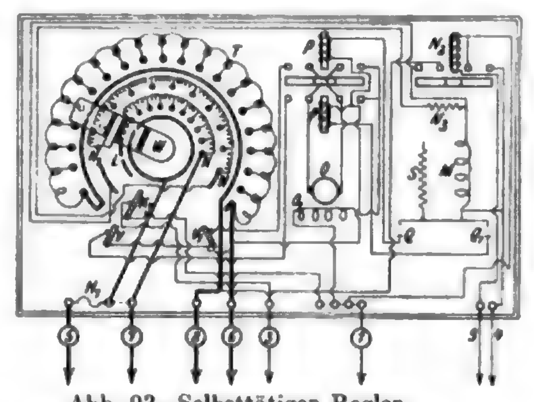


Abb. 93. Selbsttätiger Regler, Leitner-Lucas.

Wird nun M erregt, wenn die Dynamomaschine im Betriebe ist und die Batterie ladet, so wird bei einer Steigerung der Spannung der Zug von M den Zug der Feder S überwiegen und der Querhebel den Kontakt Q schließen und hier durch den Kern P_1 das Relais P zur Anregung bringen. Hierdurch wird der Strom für den kleinen Elektromotor O, dessen Feld mit O_1 bezeichnet ist, geschlossen und dieser setzt sich in Bewegung. Dieser Motor ist nun durch eine entsprechende Zahnrad- und Schneckengetriebe-Übersetzung mit dem Arme W verbunden, welcher sich hierdurch langsam in Bewegung setzt und so lange Widerstände in Reihe zu N_3 schaltet, bis die Feder S den Kontakt bei Q wieder aufhebt und das Gleichgewicht von neuem herstellt. Der Arm W gelangt dadurch wieder zur Ruhe. Das Gleichgewicht der Spannungswage wird nur durch Steigen oder Fallen der Maschinenspannung aufgehoben und werden im ersteren

Falle neue Widerstände so lange eingeschaltet, bis das Gleichgewicht von neuem hergestellt wird. Im zweiten Falle gewinnt die Feder S das Übergewicht und es schließt sich der Kontakt Q_1, wodurch der untere Kern P_2 von P erregt wird und den Stromkreis für den Motor O jedoch so schließt, daß er sich in der entgegengesetzten Richtung dreht und nun bis zur Herstellung des Gleichgewichtes der Wage Widerstände abschaltet.

Der Gesamtwiderstand von N wird nun so bemessen, daß die Generatorspannung nie höher als auf 3 Volt für die Zelle ansteigen kann. Steigt die Spannung des Generators höher, so bewegt sich der Arm W in der gleichen Richtung weiter und unterbricht vorerst bei L das halbe Dynamofeld und sodann durch den Schalter K_2 dessen zweite Hälfte, so daß die Maschine erregungslos wird und endlich bei V den Stromkreis des Antriebsmotor O, so daß eine Weiterbewegung des Armes ausgeschlossen ist. Zu dem gleichen Zeitpunkte, in welchem die Feldkreise der Dynamomaschine unterbrochen werden, unterbricht auch der selbsttätige Ausschalter *1*, *4*, *5* (Abb. 90) den Hauptladestromkreis. Während der Arm W Widerstände von N in Reihe zu N_2 M schaltet, werden auch durch den gleichen Arm Widerstände K in Reihe zu den Feldwindungen der Dynamomaschine geschaltet, so daß gleichzeitig mit Schwächung der Maschinenspannung auch die Leistung schrittweise herabgemindert wird.

Der vorhergehend beschriebene Vorgang bezieht sich nur auf die Ladung der Batterie bei abgeschalteten Lampen. Sobald die Lampen jedoch angeschlossen werden, darf nicht mehr mit einer Spannung von 3 Volt gerechnet werden, sondern es ist bloß eine Spannung von 1·85 Volt für die Zelle als nützliche Lampenspannung anzusehen. Zu diesem Zwecke werden bei Anschalten der Lampen durch das Relais N_3 die Widerstände N und N_2 kurzgeschlossen, und wird unabhängig von der Dynamomaschine das positive Ende von M über den Widerstand T mit dem positiven Pole der Batterie verbunden. Unter diesen Umständen wird M der Feder S für die im vorneherein bestimmte Spannung, bei welcher die Lampen brennen sollen, das Gleichgewicht halten. Der Einfluß des Widerstandes T auf M ist so lange zu vernachlässigen, als die Lampen abgeschaltet sind. Werden jedoch auch nur wenig Lampen an den T durchfließenden Strom angeschlossen, so erzeugt T einen ausreichenden Spannungsabfall, um ein Ansteigen der Spannung über die gegebene Grenze hintanzuhalten. M ist hierbei parallel zu den Lampen geschaltet und den gleichen Spannungsschwankungen wie die Lampen unterworfen. Jede solche Schwankung stört aber ihr Gleichgewicht, auf welches sie sich jedoch in der bereits beschriebenen Weise durch Einschalten von Widerständen T sofort wieder einstellt, und werden dadurch auch sämtliche anderen in den Stromkreis geschalteten Lampen auf der gleichen Spannung erhalten.

Durch den Regler sollen sich 30% an Energie ersparen lassen und die Lampen und Batterien sehr geschont werden.

Bei Anwendung dieses Reglers bleibt die Einrichtung für die übrigen unerläßlichen Teile der Gesamteinrichtung die gleiche, nur erfahren die Leitungsverbindungen insofern eine Änderung, als dieser Regler an geeigneter Stelle zwischengeschaltet werden muß. Die Art der Verbindung ist aus der Numerierung der Zuführungsdrähte zu entnehmen und führt Draht 1 zum negativen Pole der Batterie, Draht 3 zu Nr. 3 der Dynamo, Draht 4 zur Nr. 4 des selbsttätigen Schalters, Draht 5 zu Nr. 5 der Dy-

namo, Draht 6 zum positiven Pole der Batterie, Draht 7 zu Nr. 7 der Dynamo, Draht 8 zum Hauptschalter und Draht 9 zur ersten Hälfte der Lampen.

Dieses System hat sich im Probebetriebe außerordentlich gut bewährt und führt sich in England rasch ein.

Das System Verity-Dalziel. Bei diesem Systeme kommen für die Spannungsregelung neben der Hauptdynamo *D* (Abb. 94) noch drei kleine Hilfsdynamos zur Anwendung. Diese drei Maschinen sind auf einer gemeinsamen Achse befestigt und wirkt die Maschine *M* als ein vom Strome der Hauptmaschine angetriebener Elektromotor. Die Maschine *E* ist die Erregermaschine für die Reglermaschine *C* und sendet gleichzeitig Strom durch die Hilfserregerspule 2 des Motors *M*. Die Hauptdynamo *D*, die Erregermaschine *E* und der Motor *M* sind Nebenschlußmaschinen, während *C* eine gesonderte Erregung aufweist. Der von der Reglermaschine *C* erzeugte Strom geht durch die Erregerwickelung 5 der Maschine *D*. Die Stromrichtung ist jedoch entgegengesetzt gerichtet. Die Regelung der Spannung vollzieht sich nun in folgender Weise. Der Strom der Dynamo *D* setzt den Motor in drehende Bewegung, und zwar wird diese Bewegung um so größer sein, je größer die Spannung der Dynamo wird. Durch die Umdrehung des Ankers von *M* wird aber auch die Erregermaschine *E* in Wirksamkeit gesetzt und einen um so größeren Strom durch die Erregerwickelung 3 senden, je schneller die Umdrehung ist. Je größer nun diese Erregung der Reglerdynamo wird, desto größer wird auch deren Spannung. Hierdurch wirkt sie der Eigenerregung der Dynamo *D* entgegen, und wird deren Spannung entsprechend vermindert. Gleichzeitig aber bedingt dies eine Verringerung der Umdrehungszahl des Motors. Die Spannung der Hauptmaschine wird dadurch, unbeschadet der Änderungen in der Zugsgeschwindigkeit, annähernd stets gleich gehalten. Da hier, wie bei allen Achsbeleuchtungssystemen, die Hauptmaschine von einer Wagenachse angetrieben wird, gelangt, um bei einem Wechsel der Drehrichtung die Stromrichtung gleich zu halten, ein selbsttätig wirkender Umschalter *G* (Abb. 95) zur Anwendung. Auch hier wird während des Stillstehens des Zuges, oder wenn sich dessen Bewegung so weit verlangsamt hat, daß die Dynamomaschine nicht mehr die genügende Spannung erreicht, die Versorgung der Lampen von einer Akkumulatorenbatterie übernommen.

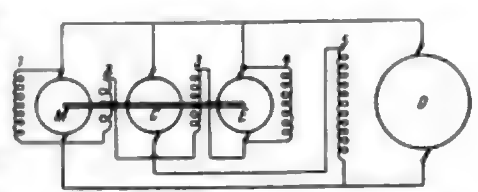


Abb. 94. Schematische Darstellung der Anordnung Verity-Dalziel.

Das Zusammenwirken aller Teile erklärt sich aus Abb. 95 wie folgt. Hat die Dynamo *D* bei einer Umdrehungszahl von 400 bis 450 in der Minute eine ausreichende Spannung erhalten, so fließt der Strom durch die feinen Windungen des Schalters *A* über den Anlaßwiderstand *R* durch die Stromkreise von *E* und *M* zur Dynamo zurück. Der Motor *M* wird angetrieben und vergrößert seine Geschwindigkeit mit dem Ansteigen der Spannung in der Maschine *D*. Sowie diese Maschine die Spannung von 450 Volt annähernd erreicht hat, wird der Kern in die Spule *W* hineingezogen, wodurch die Kontakte 1 und 2 mit einander verbunden sind und der Anlaßwiderstand *R* kurz geschlossen wird. Mit Eintreten dieses Momentes

sendet die Erregermaschine *E* Strom durch die Erregerwickelung der Reglermaschine *C* und die Serienerregerwickelung des Motors *M*. Die von *C* erzeugte Spannung fügt sich der Erregerspannung der Hauptmaschine zu, wodurch sich auch die Spannung der Dynamo *D* auf 55 Volt erhöht. Diese beginnt sodann die Lampen über den Vorschaltwiderstand *x* mit Strom zu versorgen und wird hierbei von der Akkumulatorenbatterie *T* unterstützt. Die Spannung der Maschine erreicht bald 57 Volt, von welchen jedoch, da die Lampenspannung nur 50 Volt betragen darf, 7 Volt in dem Vorschaltewiderstand aufgezehrt werden. Von diesem Zeitpunkte an sind auch alle Teilkreise der Hauptdynamo geschlossen.

Sowie sich die Zuggeschwindigkeit weiter steigert, beginnt die Reglermaschine infolge der verstärkten Gegenerregung des Motors *M* zu wirken und sucht nunmehr den Erregerstrom der Dynamo *D* abzuschwächen, statt ihn, wie früher, zu verstärken. Wie sich aus der Betrachtung der schematischen Darstellung des gesamten Stromverlaufes ergibt, muß der Strom der Akkumulatorenbatterie durch die Spule *d* hindurch gehen, welche, solange der Strom hinreichend stark ist, um die Lampen zu versorgen, den Solenoidkern der Spule *B* festhält. In dem Augenblicke jedoch, wo die Spannung der Batterie hierfür nicht mehr ausreicht, wird der Solenoidkern hochgehoben und hierdurch die Verbindung der Kontakte 5 und 6 unterbrochen, dagegen die leitende Verbindung zwischen den Kontakten 3 und 4 hergestellt. Die Verbindung der Batterie mit den Lampen wird hierdurch aufgehoben. Der die Batterie durchfließende Ladestrom ist jedoch von der jeweiligen Spannung bzw. dem jeweiligen Ladestrom der Batterie abhängig.

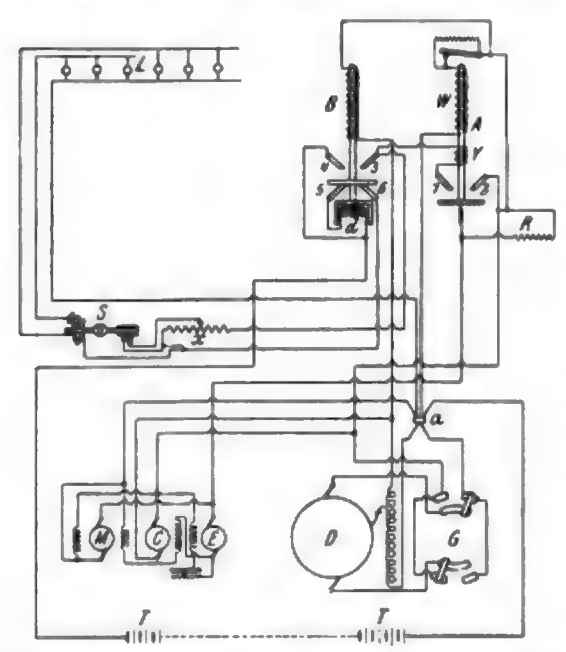


Abb. 95. Schaltungsschema. System Verity-Dalziel.

Mit der Verringerung der Drehgeschwindigkeit der Hauptdynamo fällt auch die Gegenspannung der Reglermaschine ab. Ist diese Gegenspannung um 10 Volt gesunken, so fällt auch der Solenoidkern von *B* ab, hebt die Verbindung von 3 und 4 auf und stellt die Verbindung zwischen 5 und 6 wieder her. Bei einem mit der Verringerung der Zugsgeschwindigkeit gleichen Schritt haltenden Abfallen der Dynamospannung werden die Lampen von der Batterie allein gespeist. Dieser Entladungsstrom durchfließt nunmehr auch die Gegenwindungen *y* des Solenoides *A* und hebt die Wirkung der Windung *W* auf, wodurch der Kern abfällt, die Verbindung zwischen 1 und 2 aufhebt und den ursprünglichen Zustand wieder herstellt. Ein Schwanken der Lichtstärke soll bei dieser Art der Regelung nicht wahrnehmbar sein. Der Hauptschalter *S* ist so

Digitized by Google

eingerichtet, daß entweder alle Lampen oder nur die halbe Anzahl gleichzeitig eingeschaltet werden. Im ersteren Falle wird der halbe Widerstand von x kurz geschlossen. Dieses System kommt gleichfalls auf englischen Bahnen zur Anwendung.

5. Anlage- und Betriebskosten der verschiedenen Zugbeleuchtungsarten.

Ein Vergleich der Anlage- und Betriebskosten für die verschiedenen Beleuchtungsarten läßt sich nur durchführen, wenn diese Kosten auf eine Einheit, am besten die Kerzenbrennstunde, bezogen werden. Aber auch ein solcher Vergleich muß vielfach hinken, da die Kosten von vielen außer dem Bereich der Betrachtung liegenden Umständen beeinflußt werden. Man muß sich hier mit Durchschnittsziffern begnügen, welche gleichwohl im allgemeinen ein richtiges Bild gewinnen lassen dürften.

Fehlt die Angabe über die Lichtstärke der Beleuchtungskörper, so ist es unmöglich, die Kosten auf die Einheit zurückzuführen und ein Vergleich ist dann überhaupt ausgeschlossen.

In den Angaben über die Betriebskosten wird häufig der auf die Verzinsung und Amortisation der Anlage entfallende Anteil nicht angegeben. Auch fehlen zumeist Mitteilungen über die Ausnutzung der Anlagen, wiewohl die mehr oder minder intensive Ausnutzung die Betriebskosten erheblich beeinflußt, indem der auf die Einheit entfallende Anteil an der Verzinsung und Amortisation hierdurch entsprechend verringert bzw. vergrößert wird.

Auch unterliegen die Kosten durch den fortwährenden Wechsel des Preises der Rohmaterialien bedeutenden Schwankungen, die bei einem Vergleiche nicht berücksichtigt werden können.

a) Die Kerzenbeleuchtung.

Die Kosten der Kerzenbeleuchtung stellen sich nach den Ermittelungen der ostpreußischen Südbahn auf 2·8 Pf. für die Flammenbrennstunde. Über die Lichtstärke der Flammen fehlen die Angaben. In diesen Kosten ist die Verzinsung, Amortisation der Laternenkosten sowie die Auslage für die Unterhaltung, Bedienung und Reinigung der Laternen inbegriffen.

Bei der ostchinesischen Bahn betrugen die Kosten der Flammenbrennstunde an Kerzen allein 2·67 Pf. Über Verzinsungs-, Amortisations-, Unterhaltungs- und Bedienungsauslagen fehlen die Angaben. Seien diese Auslagen zusammen wie bei der ostpreußischen Südbahn mit 0·88 Pf. angenommen, so berechnen sich die Kosten der Flammenbrennstunde mit 3·55 Pf. Die Leuchtkraft einer solchen Kerze wird mit 1 HK geschätzt, so daß in diesem Falle die Kerzenbrennstunde mit der Lampenbrennstunde zusammenfällt.

b) Die Ölbeleuchtung.

Bei der Halberstadt-Blankenburger Bahn betrugen im Jahre 1895 die Kosten der Ölbeleuchtung bei 33 Flammen mit 5264 Flammenbrennstunden für die Flammenbrennstunde 4·44 Pf., und zwar entfielen von den Gesamtauslagen auf

Digitized by Google

Amortisation und Verzinsung 7%	M.	45·05
Reparatur	„	10·74
Arbeitslohn	„	45·06
Öl (38 g für die Brennstunde) . .	„	113·69
Dochte und Zylinder	„	19·30
Sa:	M.	233·84

Es kamen Argandbrenner zur Verwendung, deren Leuchtkraft unter Berücksichtigung des großen Ölverbrauches nach dem Vorstehenden mit 5 HK angenommen werden kann, so daß die Kerzenbrennstunde ungefähr 0·89 Pf. kostet.

Nach einer anderen Quelle betragen die Kosten der Ölbeleuchtung bei einer Lichtstärke der Lampen von 5 bis 6 HK für die Lampenbrennstunde 3·6 Pf. oder eine Lichtstärke von 6 HK angenommen, für die Kerzenbrennstunde 0·6 Pf.

Eine dritte Quelle gibt diese Kosten mit 0·72 Pf. an, so daß sich im Durchschnitte die Kosten der Ölbeleuchtung für die Kerzenbrennstunde auf 0·73 Pf. belaufen.

c) Die Petroleumbeleuchtung.

Die Lampen der Belgischen Staatsbahnen verbrauchen 35 g Petroleum in der Stunde und haben eine Leuchtkraft von 10 HK. Nimmt man die Kosten mit Ausnahme jener für das Brennmaterial gleich jenen der Ölbeleuchtung nach den Angaben der Halberstadt-Blankenburg-Bahn mit 2·27 Pf. für die Flammenbrennstunde an und betragen die Petroleumkosten bei einem Preise von 24 Pf. für das kg und 35 g Verbrauch 0·84 Pf., so stellen sich hieraus die Kosten für die Kerzenbrennstunde auf 0·311 Pf.

d) Die Gasbeleuchtung.

Für die Beurteilung der Kosten der Gasbeleuchtung sind naturgemäß die Gaspreise und die mit einer bestimmten Gasmenge zu erzielende Lichtwirkung ausschlaggebend. Die Einrichtungskosten der Wagen können als feststehend angenommen werden. Die auf die Kerzenbrennstunde entfallenden Verzinsungs- und Amortisationskosten hängen jedoch wieder von der mittleren täglichen Brenndauer der Lampen ab. Um nun hier einen Vergleich zu ermöglichen, muß eine bestimmte mittlere tägliche Brenndauer der Lampen angenommen werden, als welche hier für alle Fälle sechs Stunden zugrunde gelegt wurden.

α) Karburiertes Steinkohlengas. Nach den Angaben der Belgischen Staatsbahnen wird bei Verbrauch von 55 l Steinkohlengas und 2 g Naphtalin in der Stunde eine Leuchtkraft von 8·7 HK erzielt. Die Kosten dieser Beleuchtung berechnen sich nun wie folgt:

Preis des Leuchtgases, unverdichtet, das cbm	M. 0·092
Verdichtungskosten einschließlich Verzinsung und Amortisation der Anlage	„ 0·052
	M. 0·144
Hievon ab der Wert des bei der Verdichtung rückgewonnenen Benzins, 0·08 kg à 0·40 M.	„ 0·032
	M. 0·112

Daher Gaskosten für die Lampenbrennstunde 55 l	M. 0·00616
Hierzu 2 g Naphtalin à 0·20 M. das kg	„ 0·00040
Zusammen:	M. 0·00656

Digitized by Google

Die Gaseinrichtung eines Wagens mit fünf Flammen für Mischgas kostet rund 700 M. Werden die Kosten der Einrichtung mit Rücksicht darauf, daß der Gasbehälter für Steinkohlengas einen größeren Fassungsraum haben muß und die Gaslampen besonders eingerichtet sind, mit 900 M. angenommen, so ergibt sich bei der üblichen Amortisation und Verzinsung von 7% bei täglichen sechs Brennstunden ein Anteil

für Verzinsung und Amortisation von . .	M.	0·0058
Es kostet daher die Flammenbrennstunde	„	0·01236
oder die Kerzenbrennstunde		0·142 Pf.

β) Reines Ölgas. Die Preise für das Ölgas sind je nach Größe der Gasanstalt, Kosten des Rohmateriales u. s. f. sehr verschieden. Nach genauen Aufzeichnungen bei 21 Gasanstalten der Preußischen Staatsbahnen schwankten diese Kosten unter Einrechnung einer 10% Abschreibung und Verzinsung zwischen 29·1 Pf. und 97·8 Pf. für 1 cbm Fettgas. In diese Kosten sind aber noch die Kosten der Abschreibung und Unterhaltung der gesamten Gaseinrichtungen an den Personenwagen, den Gastransportwagen und der Gasleitungen zu den Füllständern, sowie der Verzinsung des aufgewendeten Kapitales einzurechnen.

Diese Kosten betragen nach Angabe des Eisenbahndirektors Bork für 1 cbm verbrauchtes Gas 28·4 Pf.

Man hat sonach mit einem Gaspreis von 57·5 bis 126·2 Pf. für 1 cbm zu rechnen.

Nach photometrischen Untersuchungen entwickelt ein Brenner von 27·5 l Gasverbrauch in der Stunde eine Leuchtkraft von annähernd 5 HK und schwanken demnach die Kosten der Kerzenbrennstunde zwischen 0·32 bis 0·69 Pf.

Da sich die Gestehungskosten von 1 cbm Fettgas im Durchschnitt auf 40·61 Pf. stellen, so ist das Mittel der Kosten einer Kerzenbrennstunde

$$\frac{(40·61 + 28·4) \times 5·5}{1000} = 0·38 \text{ Pf.}$$

In dieser Berechnung ist auf die Brenndauer der einzelnen Flammen keine Rücksicht genommen, sondern nur ein allgemeiner Mittelwert in Rechnung gesetzt. Um auch diese Brenndauer bei einer durchschnittlichen Beleuchtungsdauer von sechs Stunden zu berücksichtigen, seien die Einrichtungskosten eines Wagens mit fünf Flammen mit rund 700 M. angenommen, welcher Preis der Erfahrung entspricht.

Die Betriebskosten ermitteln sich sodann unter Annahme eines Gaspreises von 40·61 Pf. für 1 cbm wie folgt:

Verzinsung und Amortisation 7%	M.	49
Reparaturskosten	„	5
Bedienung	„	26
Gasverbrauch $40·61 \times 0·0275 \times 5 \times 6 \times 365$	„	122·29
	M.	202·29

Nach dieser Berechnung stellen sich die Kosten der Kerzenbrennstunde ziemlich übereinstimmend mit der vorangehenden Berechnung auf 0·37 Pf.

γ) Mischgas. Ebenso wie beim reinen Ölgase schwanken die Kosten des Mischgases mit 25% Azetylen innerhalb weiter Grenzen. Im Jahre 1899

betrugen die mittleren Kosten von 33 Anstalten für 1 cbm Mischgas 59·31 Pf., wobei der geringste Gestehungspreis 35·18 Pf. und der höchste 110 Pf. betrug. Rechnet man zu dem Durchschnittspreise von 59·31 Pf. noch die Kosten von 28·4 Pf. für Verzinsung, Amortisation usw. hinzu, so belaufen sich die Kosten der Kerzenbrennstunde unter der Annahme, daß die Leuchtkraft einer Flamme mit 27·5 l Gasverbrauch 14 HK beträgt, auf 0·17 Pf.

Diese Berechnung ist jedoch insofern den heutigen Verhältnissen nicht ganz angepaßt, als die Gaspreise sich mittlerweile erhöht haben und nunmehr mit 61 Pf. für 1 cbm im Mittel anzunehmen sind.

Rechnet man wieder die Gaseinrichtung eines Wagens mit 5 Flammen zu rund 700 M. und den Gaspreis mit 61 Pf. und nimmt eine durchschnittliche Beleuchtungsdauer von 6 Stunden an, so berechnen sich die Kosten wie folgt:

Amortisation und Verzinsung 7%	49·—	M.
Reparaturkosten	5·—	„
Bedienung	26·—	„
Gasverbrauch $61 \times 0{\cdot}275 \times 5 \times 6 \times 365$ . .	183·69	„
	263·69	M.

und es belaufen sich die Kosten der Kerzenbrennstunde auf 0·172 Pf.

Die Einrichtungskosten eines D-Wagens mit 16 Lampen und einer Leuchtkraft von 374 HK stellen sich auf rund 2500 M. Der Gasverbrauch beträgt 607·5 l in der Stunde. Die Kosten der Kerzenbrennstunde bei durchschnittlich 6stündiger Brenndauer belaufen sich unter Annahme eines Gaspreises von 61 Pf. auf

Verzinsung und Amortisation 7% von 2500 M.	175·—	M.
Unterhaltung 1%	25·—	„
Gasverbrauch $\frac{61 \times 607{\cdot}5 \times 6 \times 365}{1000}$	811·60	„
	1011·60	M.

daher Kosten einer Kerzenstunde 0·123 Pf.

Der Mittelwert der Kosten einer Kerzenbrennstunde bei Verwendung von Mischgas und gewöhnlichen Brennern beträgt sonach 0·147 Pf.

δ) Gasglühlicht. Die Kosten dieser Beleuchtung lassen sich nur auf Grund allgemeiner Anhaltspunkte annähernd einschätzen. Bezüglich der Haltdauer der Glühstrümpfe ist man auf Annahmen verwiesen. Gerdes gibt die Kosten der Glühkörper mit 8 Pf. für jedes verbrauchte cbm Gas an, nimmt dabei jedoch deren Haltdauer mit 200 Brennstunden an. Nach anderen Mitteilungen beträgt jedoch diese Haltdauer nur 70 bis 100 Brennstunden. Es dürfte daher nicht viel fehlgegangen sein, wenn diese Kosten doppelt so groß, somit mit 16 Pf. in Rechnung gezogen werden.

Die Einrichtung eines D-Wagens mit 16 Lampen von einer Leuchtkraft von je 30 HK betrage mit Rücksicht auf die höheren Kosten der Lampen 2800 M. Der Gasverbrauch beträgt für eine solche Lampe 15 l Mischgas in der Stunde. Der Verbrauch der Zündflamme beträgt 4 l, so daß insgesamt 19 l Mischgas für jede Flamme und Stunde verbraucht werden. Der Preis des Gases sei wieder mit 61 Pf. für 1 cbm angenommen. Man erhält dann:

Digitized by Google

Verzinsung und Amortisation 7 % von 2800 M. . .	196·— M.
Unterhaltung 1 %	28·— „
Gaskosten $\frac{61 \times 19 \times 16 \times 6 \times 365}{1000 \times 100}$	406·26 „
Ersatz der Glühkörper für 666 cbm Gas à 16 Pf. . .	106·56 „
	736·82 M.

Die Zahl der Kerzenbrennstunden beträgt $30 \times 16 \times 6 \times 365 = 1054200$, daher Kosten der Kerzenbrennstunde 0·070 Pf.

Bei Verwendung von Steinkohlengas würde sich unter Annahme eines Gaspreises von 0·112 M., eines Verbrauches von 38 l für die 30kerzige Flamme und der Einrichtungskosten eines D-Wagens mit 3000 M. (wogegen alle anderen Kosten die gleichen, wie bei Mischgas bleiben), der Preis einer Kerzenbrennstunde auf 0·047 Pf. stellen.

ε) Gelöstes Azetylen. Die Herstellungskosten von 1 cbm gelöstem Acetylen belaufen sich bei einer Anlage zur Erzeugung von täglich 30 cbm, bei einem Preise von 0·25 Pf. für 1 kg Kalziumkarbid, auf 1·387 M.

Zur Erzeugung einer HK sind stündlich 0·7 l Azetylen erforderlich. Es würden sonach für einen D-Wagen mit 16 Flammen und einer Leuchtkraft von 374 Kerzen bei 6stündiger Betriebsdauer im Jahre 573 cbm Gas verbraucht und es entfiele hierfür ein Betrag von . . . . . . 794·75 M.

Anlagekosten, gleichwie für Mischgas mit 2500 M. angesetzt, ergeben für 7 % Verzinsung und Amortisation, sowie 1 % Unterhaltung . . . . 200·— „

zusammen 994·75 M.

und es kostet daher bei insgesamt 819060 Kerzenbrennstunden die Kerzenbrennstunde 0·109 Pf.

e) Die elektrische Beleuchtung.

Die Kosten der elektrischen Beleuchtung, wie solche auf Grund der wirklichen Betriebsergebnisse ermittelt wurden, schwanken namentlich bei dem reinen Akkumulatorenbetrieb innerhalb sehr weiter Grenzen.

α) Die reine Akkumulatorenbeleuchtung. Die Kosten einer Kerzenbrennstunde werden von den verschiedenen Bahnen wie folgt bekannt gegeben:

Der Westfälischen Landeseisenbahn . . .	0·4 Pf.
Der Jura-Simplonbahn	0·4 „
Der Französischen Nordbahn	0·26 „
Der Deutschen Reichspost	0·27 „
Den Dänischen Staatsbahnen	0·65 „
Der Mecklenburg. Friedrich-Wilhelmbahn	0·96 „
Der Französischen Ostbahn	0·673 „
Der Französischen Südbahn	0·720 „
Der Kaiser Ferdinand-Nordbahn	0·218 „
Der Ungarischen Staatsbahnen	0·235 „

Prasch berechnet diese Kosten, allerdings unter Annahme des Großbetriebes und einer durchschnittlich 11stündigen Beleuchtungsdauer, mit 0·18 Pf.

Diese Verschiedenheit in der Berechnung erklärt sich einesteils durch

die wechselnden Kosten der Energie, welche zwischen 8 und 25 Pf. für die KW-St. eingesetzt sind, hauptsächlich aber dadurch, daß die Ansätze für die Unterhaltung der Batterien oft zu hoch und daher den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechend angenommen wurden. So berechnen die Dänischen Staatsbahnen hierfür 30% einschließlich Verzinsung und Amortisation, während hierfür erfahrungsgemäß 10 bis 13% vollkommen ausreichen.

Die Reichspostverwaltung muß die elektrische Energie zu einem Preise von 16 bis 35 Pf. für die KW-St. kaufen und arbeitet trotzdem um die Hälfte billiger, als die Dänischen Staatsbahnen. Selbstredend üben die gewählte Betriebsspannung und der Energieverbrauch der zur Anwendung gelangenden Lampen, sowie der Umfang der Einrichtungen auch ihren bestimmenden Einfluß auf die Betriebskosten aus.

Zur Berechnung der Beleuchtungskosten eines D-Wagens mit 16 Flammen von zusammen 374 HK Leuchtkraft bei 6 Stunden Tagesleistung dienen folgende Ansätze. Es kommen 3wattige Glühlampen für eine Spannung von 32 Volt mit einer mittleren Lebensdauer von 500 Brennstunden zur Anwendung. Die Kosten der elektrischen Energie betragen 10 Pf. für die KW-St. Der Wirkungsgrad der Akkumulatoren ist mit 65% und der Energieverlust in den Leitungen mit 2% angenommen.

Die Batterie aus 16 Elementen hat demnach bei einer Spannung von 32 Volt für die Versorgung der Lampen durch 6 Stunden eine Kapazität von 200 Amperestunden zu besitzen. Die Kapazität wird aber mindestens für eine 20stündige Beleuchtung reichend, also mit 650 Amperestunden anzunehmen sein.

Die Kosten einer solchen Batterie betragen hoch gerechnet 3600 M. Da diese Batterie aufgeladen werden muß, so kann sie während dieser Aufladung nicht benutzt werden und es ist daher für je zwei Wagen, ebenfalls hoch angenommen, eine zweite Batterie in Vorrat zu halten, so daß sich die Kosten der Batterie für einen Wagen auf 4800 M. belaufen. Rechnet man noch eine 10% Reserve, so hat man an Batteriekosten . . . . 5280 M.

Die sonstigen Einrichtungskosten für den Beleuchtungskörper betragen 40 Mk., somit für 16 Beleuchtungskörper	640 „
Summa der Anlagekosten	5920 M.

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus:

Verzinsung und Amortisation der Anlage 7%	414·40 M.
Unterhaltung der Akkumulatoren 8% des Anschaffungswertes	422·40 „
Glühlampenersatz bei 500 Brennstunden 62 St. à 50 Pf.	31·— „
Stromkosten bei 63% Wirkungsgrad der Batterie einschließlich des Leitungsverlustes und 6 Stunden täglicher Brennzeit bei einem Preise der KW-St. von 10 Pf.	389·76 „
Bedienungskosten und Aufrundung	42·44 „
Summa	1300·— M.

Daher belaufen sich die Kosten der Kerzenbrennstunde bei jährlichen $6 \times 365 \times 374 = 819\cdot060$ Brennstunden auf 0.159 Pf.

Digitized by Google

Dr. Büttner berechnet die Kosten einer Kerzenbrennstunde für einen Wagen zu 5 Flammen à 14 NK bei einer 4stündigen täglichen Brenndauer mit 0·17 Pf., was mit vorstehender Berechnung so ziemlich übereinstimmt, als sich ja die Verzinsungs- und Amortisationskosten auf weniger Brennstunden verteilen, somit für die Brennstunde entsprechend größer werden.

Diese Ergebnisse werden sich allerdings nur bei einem wohlorganisierten Großbetriebe erreichen lassen.

β) Die Beleuchtung mit gesonderter Antriebmaschine. Bei der Einrichtung der Preußischen Staatsbahnen mit Dampfturbinendynamo auf der Lokomotive müssen je zwei Lokomotivausrüstungen auf einen D-Zug von 5 Wagen gerechnet werden.

Die Lokomotivausrüstung samt Installation kostet 6000 M., demnach sind für einen D-Zug von 5 Wagen zu rechnen	12000	M,
Die Einrichtung eines D-Wagens kostet einschließlich Batterie 4800 M., d. i. für 5 D-Wagen	24000	„
Sonach gesamte Anschaffungskosten	36000	M.

Die Betriebsauslagen setzen sich zusammen aus:

Amortisation und Verzinsung	7% von 36000 M.	2520·—	M.
Unterhaltung	1. der Installation 1% von 20000 M. . . .	200·—	„
	2. der Maschinen 5% von 9000 M. . . .	450·—	„
	3. der Batterien 8% von 7000 M.	560·—	„
	4. Bedienung	70·—	„
		3800·—	M.
	Daher entfallen auf 1 Wagen	760·—	M.
Betriebskosten	1. Kraftkosten. Installiert sind 51 Beleuchtungskörper mit 524 HK. Der Energieverbrauch beträgt bei einer Spannung von 61 Volt und einem mittleren Entladestrom von 33·6 Ampere, 2049·6 Watt. Der Kraftverbrauch beträgt bei einem Wirkungsgrad von 75% der Batterien 2732·8 Watt. Es ergibt sich sonach ein Kraftverbrauch im Jahre von 2732·8 × 365 × 6 = 5985 KW-St. Der Verbrauch an Kohle beträgt 4 kg für die KW-St., somit Kohlenverbrauch 23940 kg à 0·15 M.	359·10	„
	2. Ölverbrauch 20% der Kraftkosten . .	71·82	„
	3. Glühlampenverbrauch 51 × 365 × 6 = 111690 à 500 Brennstunden 224 St. à 50 Pf.	112·50	„
	4. Widerstände 15% des Glühlampenverbrauches = 33·60 à 1 M.	33·60	„
		1337·02	M.

Die geleisteten Kerzenbrennstunden betragen 524 × 365 × 6 = 1147560, daher die Kosten einer Kerzenbrennstunde 0·117 Pf.

Die Ostchinesische Bahn berechnet die Betriebskosten für ihren aus 11 Wagen zusammengesetzten, mit 1840 Kerzenstärken beleuchteten Zug, in welchem die Dynamomaschine von einem Benzinmotor angetrieben wird, folgendermaßen:

Digitized by Google

Verzinsung und Amortisation der Anlage 15% von 23990·80 M.	3598·60 M.
Verbrauch an Arbeitspetroleum bei 10stündigem Betrieb und 12 PS Belastung 59 kg, d. i. im Jahre 21535 kg zu 18 Pf.	3876·12 „
Schmieröl, Benzin, Putzzeug usf. pro Tag 4 M.	1460·— „
Lohn für den Maschinisten und dessen Gehilfen 14 M., d. i. für das Jahr	5110·— „
Lampenersatz für 230 Lampen zu 600 Stunden Brenndauer 1399 St. à 60 Pf.	839·40 „
Summa der Auslagen	14884·12 M.

Es entfällt daher auf die Kerzenbrennstunde bei 1840 × 10 × 365 = 6716000 Kerzenstunden ein Betrag von 0·22 Pf.

Bei nur 6stündiger Brenndauer würde für die Kerzenbrennstunde, da die Auslagen für die Verzinsung und Amortisation, sowie der Lohn für den Maschinisten und den Gehilfen gleich bleiben und sich nur die Auslagen für das Petroleum, das Schmieröl und die Lampen verringern, ein Betrag von 0,308 Pf. entfallen.

γ) Die Achsbeleuchtung. Bei der Achsbeleuchtung der Preußischen Staatsbahnen mit einer elektrischen Zentrale im Gepäckwagen, welche den ganzen Zug versorgt, reicht ein solcher Gepäckwagen für 5 D-Wagen aus. Die Einrichtung eines solchen Gepäckwagens kostet 9000 M., wovon 4000 M. auf die Dynamomaschine, 1400 M. auf die Batterie und 3600 M. auf die Installation entfallen.

Führt man die Berechnung nach den gleichen Grundsätzen durch, wie solche für die Beleuchtung eines D-Zuges mit Antrieb der Maschine von einer Dampfturbine auf der Lokomotive angegeben wurden, jedoch mit dem einzigen Unterschiede, daß für die KW-St. nur 2 statt 4 kg Kohle benötigt werden, weil ja hier die Energieverluste in der Antriebsmaschine entfallen, so erhält man bei einer Beleuchtungsstärke von 524 HK für den Wagen und täglich 6stündiger Brenndauer der Lampen die Kosten einer Kerzenbrennstunde mit 0·096 Pf.

Für die Einzelwagenbeleuchtung nach dem Systeme Vicarino gibt die Compagnie Generale Electrique zu Nancy folgende Berechnung der Kosten einer Kerzenbrennstunde:

Angenommen ist hierbei die Einrichtung eines Wagens mit 8 Lampen zu je 8 Kerzen und eine Batterie mit einer Kapazität von 60 Amperestunden, sowie eine mittlere Beleuchtungsdauer von täglich 4 Stunden

Ersatz der Glühlampen bei einer Haltdauer der Lampen von 750 Stunden und einem Preise von 60 Pf.	0·08 Pf.
Erhaltung der Akkumulatoren (Ersatz der positiven Platten)	0·16 „
Schmierung und verdünnte Schwefelsäure für die Akkumulatoren, 2 Pf. für den Wagen und die Stunde	0·024 „
Motorische Kraft. (Die pro Wagen absorbierte Kraft beträgt ½ PS und der Kohleverbrauch 1 kg zum Preise von 1·60 M. für 100 kg)	0·2 „
	0·464 „
oder aufgerundet	0·48 Pf.

Digitized by Google

Wird der gleiche Betrag für Verzinsung und Amortisation hinzugerechnet, so kostet die Lampenbrennstunde 0·96 Pf. oder die Kerzenbrennstunde 0·12 Pf.

Die vollständige Einrichtung eines solchen Wagens einschließlich Installation beträgt nach den Angaben der Fabrik 1100 M.

Direktor H. Masenbach berechnet die Kosten dieser Beleuchtung unter Annahme eines Kohlenverbrauches von 2 kg für die PS unter Verwendung 3wattiger Lampen und 16% Amortisation und Verzinsung mit 0·175 Pf.

Dick gibt für sein System der elektrischen Zugbeleuchtung folgende Kostenberechnung:

Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals eines Wagens zu 2916 M.	204·12	M.
Erhaltung sämtlicher Einrichtungsgegenstände, einschließlich der Akkumulatoren	96·—	„
Mehrkohlenbedarf der Lokomotive	62·43	„
Lampenersatz, je 22 Lampen viermal jährlich	48·—	„
Schmiermaterial und Sonstiges	34·45	„
	445·—	M.

Jeder Wagen ist mit 22 Lampen zu 8 NK ausgerüstet und ist die mittlere Brenndauer mit 6 Stunden angenommen. Es werden daher 176 × 6 × 365 = 385 440 Kerzenbrennstunden im Jahre geleistet und belaufen sich sohin die Kosten einer Kerzenbrennstunde auf 0·116 Pf. Dick führt hierbei aus, daß für einen Vergleich zwischen elektrischer und Gasbeleuchtung der Mehrkohlenverbrauch der Lokomotive nicht in Rechnung gezogen werden darf, weil die Beanspruchung der Lokomotive für die beiden Beleuchtungsarten durch das bedeutend größere Gewicht der Gaseinrichtung nahezu die gleiche ist.

Eine eingehendere Berechnung für die Einzelwagenbeleuchtung gibt Büttner. Er geht hierbei von den ganz gleichen Grundlagen aus, wie bei der Berechnung der elektrischen Zugbeleuchtung mit Dampfturbine und Dynamo auf der Lokomotive bzw. der Beleuchtung eines Zuges vom Gepäckwagen aus, wobei die Dynamomaschine von einer Wagenachse aus angetrieben wird. Diese Berechnung bezieht sich auf verschiedene Fälle und zwar:

Für die Beleuchtung eines Wagens mit 428 NK unter Anwendung einer Spannung von 48 Volt betragen die Einrichtungskosten des Wagens 6700 M. (Maschine 1500 M., Installation 3800 M., Batterie 1400 M.) und berechnen sich die Kosten einer Kerzenbrennstunde bei täglich 6stündiger Betriebsdauer mit 0·128 Pf.

Bei gleicher Leistung der Lampen aber unter Anwendung einer Spannung von 32 Volt und $2^1/_2$wattiger Lampen mit einer mittleren Lebensdauer von 350 Brennstunden verringern sich die Anlagekosten dadurch, daß die Batterie kleiner genommen werden kann, und betragen 6300 M. (Maschine 1500 M., Installation 3800 M., Batterie 1000 M.). Die Kosten einer Kerzenbrennstunde belaufen sich dann unter sonst gleichen Voraussetzungen auf 0·105 Pf.

Wird die Deckenbeleuchtung bei Verwendung von Leselampen nur halb so stark angenommen, weil unter dieser Voraussetzung ein Bedürfnis

für eine so gute Deckenbeleuchtung nicht notwendig ist, und beträgt die Spannung gleichfalls 32 Volt, so vermindern sich die Anlagekosten auf 5300 M. (Maschine 1300 M., Installation 3460 M., Batterie 600 M.). Die Kosten der Beleuchtung für die Kerzenbrennstunde betragen dann unter der Annahme, daß nur 12 Leselampen dauernd brennen, somit die Lichtstärke nur 320 HK beträgt, 0·09 Pf.

Der Durchschnitt aus diesen Angaben ergibt daher bei der Einzelwagenbeleuchtung für die Kerzenbrennstunde 0·121 Pf.

δ) Einfluß der Metallfaden-Glühlampen auf die Kosten der Lichteinheit. Die Metallfadenlampen haben einen Energieverbrauch von 1 bis 1·5 Watt für die HK, besitzen eine Lebensdauer von 800 bis 1200 Brennstunden, sind aber in den Anschaffungskosten 5 bis 6 mal so teuer wie Kohlefadenlampen. Nach durchgeführten Berechnungen ist von der Einführung dieser Lampen bei den dermaligen hohen Kosten ein Vorteil nur dann zu erwarten, wenn es sich um Neueinrichtungen handelt. Bei diesen lassen sich die Anlagekosten wesentlich herabdrücken, indem entsprechend dem bedeutend geringeren Energieverbrauche die Antriebmaschinen ebenso wie die Akkumulatorenbatterien in geringeren Ausmessungen gehalten, daher billiger beschafft werden können, wodurch sich die Verzinsung und Amortisationsquote wesentlich herabdrückt. Auch dort, wo die Energiekosten bedeutende sind, wird sich ein Vorteil aus der Verwendung dieser Lampen ersehen lassen. Die möglicherweise erzielbare Ersparnis schwankt zwischen 6 und 33%. Durch Einfügen dieser neuen Lampen in bereits bestehende Anlagen, namentlich für die Achsbeleuchtung, läßt sich jedoch, so lange diese Lampen noch so hoch im Preise stehen, ein besonderer Vorteil nicht ersehen.

f) Schlußbemerkung.

Die Kosten der Herstellung des Lichtes, auf die Einheit bezogen, sind für die Beurteilung der Ökonomie nicht ausschlaggebend. Die Ökonomie wird weniger von den Lichtkosten als von der Lichtwirkung beeinflußt und es kann eine Beleuchtung, welche eine gute Ausnützung des Lichtes zuläßt, trotz höherer Gestehungskosten der Lichteinheit billiger sein als eine Beleuchtung, bei welcher die Lichteinheit niedriger im Preise steht, weil sich hier oft mit weniger Lichteinheiten die gleichen oder sogar bessere Lichtwirkungen erzielen lassen.

Digitized by Google

Heizung und Lüftung der Wagen.

Von

Gustav Hammer,

Regierungsbaumeister bei dem Kgl. Eisenbahnzentralamt, Berlin.

---

1. Heizung der Personenwagen.

Den klimatischen Verhältnissen entsprechend werden die zur Personenbeförderung dienenden Eisenbahnwagen mit Heizungseinrichtungen versehen, die im allgemeinen folgenden Bedingungen entsprechen sollen:

1. Die Heizung eines jeden Wagens muß derartig sein, daß darin eine gleichmäßige Luftwärme von 12 bis 15° C bei strenger Kälte erzeugt und erhalten werden kann.
2. Sie muß gut regelbar, ihre Bedienung und Unterhaltung müssen einfach sein.
3. Die Reisenden dürfen nicht durch übermäßige strahlende Wärme, durch Rauch und schädliche Dünste belästigt werden.
4. Die Anlage muß feuersicher, der Betrieb geräusch- und gefahrlos sein.
5. Die Heizkörper dürfen nicht zu viel Raum einnehmen; sie müssen sich leicht unterbringen, untersuchen und reinigen lassen.
6. Anlage- und Betriebskosten müssen sich in wirtschaftlichen Grenzen halten, da den bedeutenden Ausgaben keine Einnahmen gegenüberstehen.

Heizfläche. Die Größe der Heizfläche hängt von den klimatischen Verhältnissen, von der Beschaffenheit der Wagen ab (Größe der Abkühlungsflächen, Anzahl der Türen und Fenster, Stärke der Wände, Lage der Abteile u. dgl.). Man kann als Mittelwert für die Größe der Heizfläche auf einen Kubikmeter Wagenraum etwa folgende Heizflächen annehmen:

bei Ofenheizung	0·02	qm
„ Luftheizung	0·03	„
„ Preßkohlenheizung	0·13	„
„ Dampfheizung	0·10—0·15	„
„ Warmwasserheizung	0·15—0·25	„

Man unterscheidet:

a) Heizeinrichtungen für einzelne Abteile,
b) „ „ ganze Wagen,
c) „ „ „ Züge.

Digitized by Google

a) Heizeinrichtungen für einzelne Abteile.

α) Heizung mit Wärmflaschen.

In Gegenden, in denen die milden Witterungsverhältnisse nur eine vorübergehende und geringe Heizung der Abteile verlangen, sind Wärmflaschen oder Wärmkasten in Gebrauch, die angewärmt in die Abteile gelegt, in der Regel als Fußwärmer dienen. Die Behälter werden aus Eisen-, Kupfer- oder Zinkblech hergestellt und mit Stoffhüllen überzogen. Sie kommen in den verschiedensten Formen vor. Zur Füllung wird in der Regel heißes Wasser genommen. Die Umwechselung der Behälter muß dann etwa alle 3 bis 4 Stunden erfolgen. Um dieses häufige Umwechseln einzuschränken, wurden beispielsweise auf der Französischen Ostbahn mit kristallisiertem essigsaurem Natron gefüllte Flaschen verwendet, deren Wärmeabgabe etwa 10 bis 15 Stunden dauert. Zur Erhitzung werden sie etwa $1^1/_2$ Stunden in kochendes Wasser getaucht, wobei das Natron schmilzt und Wärme bindet. Die so gebundene Wärmemenge wird dann beim Erstarren allmählich wieder abgegeben. Der Ersatz der abgegebenen Wärme kann auch mittels elektrischen Stromes erfolgen, der durch die Wärmflaschen hindurch geleitet wird.

Die Betriebskosten sind verhältnismäßig hoch; Feuersgefahr ist ausgeschlossen. Ihre Verwendung wird mehr und mehr wegen der umständlichen Handhabung und ungenügenden Erwärmung aufgegeben.

β) Preßkohlenheizung.

Bei der Preßkohlenheizung werden die einzelnen Abteile von besonderen Heizkästen erwärmt, die sich unter den Sitzen befinden und von außen durch in den Langseiten liegende kleine Türen bedient werden.

Als Brennstoff dienen chemisch präparierte und gepreßte Kohlenziegel (Brikets) aus pulverisierter Holzkohle, salpetersaurem Kali und Stärke als Bindemittel, die in Kasten von durchlochtem Blech oder Drahtgeflecht verbrannt werden.

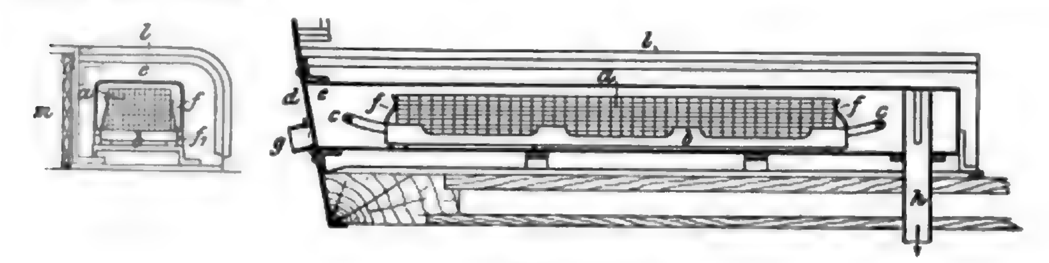


Abb. 1. Preßkohlenheizung.

Abb. 1 bringt die allgemeine Anordnung zur Darstellung. Der Drahtkasten *a*, seitlich und an den Enden durch Federn *f* gehalten, steht auf dem Aschkasten *b*, der mit Handgriffen *c* versehen von außen her durch die Tür *d* in den Heizkasten *e* eingeschoben wird. Verbrennungsluft tritt durch Öffnung *g* in der Tür *d* ein und durch das Rohr *h*, welches mit einem Saugkopf versehen ist, wieder aus.

Die Heizkasten liegen in der Regel unter den Sitzen. Sie werden in Abteilwagen gewöhnlich in der ganzen Länge des Abteils durchgeführt und können von beiden Seiten bedient werden; bei Durchgangswagen haben sie etwa die Länge der größten Sitzbank.

Um die Wärmestrahlung gegen die Polster und Holzteile zu vermindern und einen besseren Luftumlauf zu erreichen, sind sie oben und an der Rückseite mit doppeltem oder dreifachem Blechmantel *l* umgeben; nach dem Abteil zu verhindert ein Schutzgitter *m* die Berührung von Kleidern mit dem Heizkasten; auch werden hier Klappen oder Schieber zur Regelung der eintretenden Heizluft vorgebaut.

Die Brenndauer der in Stücken von $^1/_4$ oder $^1/_2$ kg hergestellten Preßziegel beträgt etwa 6 bis 10 Stunden. Sie werden auf einer Stirnseite angebrannt und so in den Wagen geschoben, daß die brennende Fläche nach der Außenseite des Wagens liegt.

Die Anzahl der einzulegenden Preßkohlen richtet sich nach der Außenwärme.

Eine gute Wärmeregelung wird nicht erreicht; Feuersgefahr ist nicht ausgeschlossen. Dagegen hat die Einrichtung den Vorteil, daß jeder Wagen bzw. jedes Abteil für sich, unabhängig von anderen und auch während des Stillstandes geheizt werden kann.

γ) Luftheizung.

Bauart Kienast. Dadurch, daß die Heizkörper der Preßkohlenheizung nicht mit einem offenen Schutzmantel sondern mit einem be-

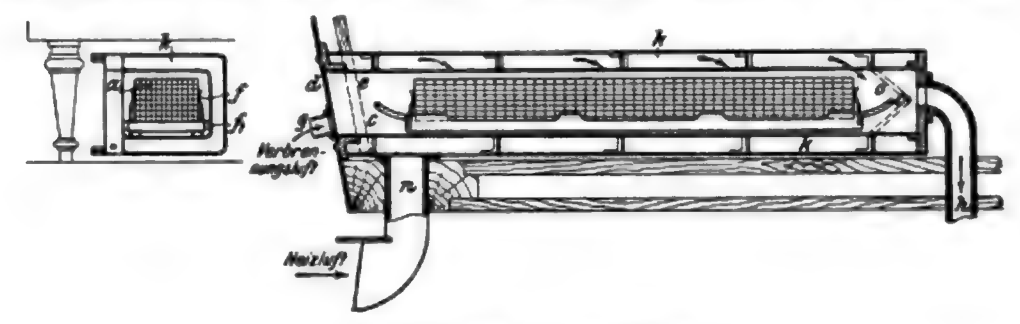


Abb. 2. Luftheizung (Bauart Kienast).

sonderen Kasten *k* (siehe Abb. 2) umgeben werden, wird diese Heizungsart in eine Luftheizung verwandelt. Der Kasten ist durch Einbau von Winkeleisen so hergerichtet, daß die durch das Rohr *n* eintretende kalte Luft schraubenförmig um den den Heizkörper enthaltenden Behälter streicht, sich erwärmt und am anderen Ende durch eine stellbare Öffnung *o* ins Abteil strömt.

In solcher Weise werden z. B. die Akkumulatoren-Triebwagen der Eisenbahn-Direktion Mainz[1]) geheizt. Die Preßkohlenfeuerungen befinden sich, da der Platz unter den Sitzen durch die Akkumulatorenzellen besetzt ist, unter dem Wagen. Die warme Luft wird durch Kanäle zwischen die Bänke geleitet und strömt durch Gitter im Fußboden in die Abteile.

b) Heizeinrichtungen für ganze Wagen.

α) Ofenheizung.

Zum Erwärmen größerer Räume (Salonwagen, Wagen IV. Klasse) sind eiserne Öfen in Anwendung, die möglichst von den Fenstern entfernt im Wagen aufgestellt werden. Sie sind meist von zylindrischer Form und

[1]) Glasers Annalen 1907, II, S. 53.

mit einem Schutzmantel umgeben. Auf die Durchführung des Rauchrohres durch die Decke wird besondere Sorgfalt verwendet (s. a. Abb. 6), damit gute Dichtung bei der Ausdehnung des Rohres erhalten bleibt. Die Zuführung des Brennmaterials kann in gewöhnlicher Weise vom Wagen aus geschehen.

Am häufigsten sind Füllöfen in Anwendung, bei denen die Verbrennung entweder von unten nach oben oder von oben nach unten vor sich geht. Die Regelung wird durch vermehrte oder verminderte Luftzufuhr erreicht. Als Brennmaterial dient Steinkohle, Koks, Holzkohle oder Torf.

Abb. 3 stellt einen Ofen für ältere Wagen IV. Klasse der Preußischen Staatsbahnen dar. Das gußeiserne Feuerrohr hat einen ovalen Querschnitt und ist von einem doppelten Blechmantel umgeben. Als Brennmaterial wird gewöhnlich Steinkohle mit Koks vermischt verwendet, das durch eine Tür oberhalb des mit Regulieröffnungen versehenen Registers eingefüllt wird. Luftregelschieber, Ofentüren und Aschenfall sind gegen Verstellung von unberufener Hand gesichert.

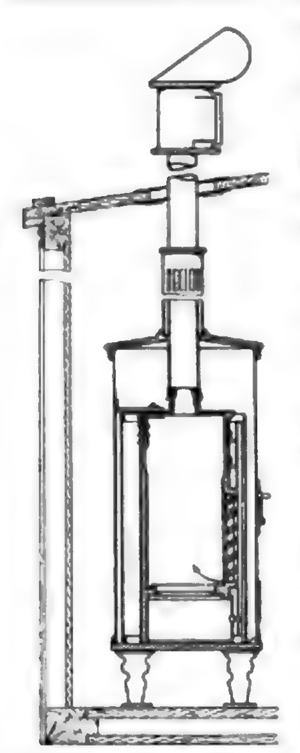


Abb. 3. Ofen für Wagen IV. Klasse.

Abb. 4 und 5 bringen einen häufig in Bahnpostwagen verwendeten Ofen, Bauart F. F. A. Schultze (D. R. P. Nr. 74 130), zur Darstellung.

Abb. 6 zeigt die Durchführung des Rauchrohres durch die Decke. Weitere Abbildungen von Öfen siehe Eisenbahntechnik der Gegenwart, I. Bd., Teil 2, S. 582.

Die Ofenheizung ist wegen ihrer Einfachheit und Billigkeit in Anlage und Unterhaltung noch häufig in Anwendung. Nachteilig ist die ungleiche Erwärmung des Wagens, die schlechte Regelung und die Feuergefährlichkeit.

β) Luftheizung.

Die Luftheizung größerer Räume erfolgt durch Rippenöfen, die von der in den Wagen zu leitenden frischen Luft umspült werden.[1] Bei der Luftheizung für Abteilwagen wird die zugeführte Luft in einem besonderen Raume angewärmt und den Abteilen durch Leitungen zugeführt.

Bei der Schweizer Luftheizung, auf östlichen Linien der Preußischen Staatsbahnen in Anwendung, liegen die Heizungsöfen quer unter dem Wagenkasten. Die Anlage besteht aus dem Füllofen, einem von einem Blechmantel umgebenen Lufterwärmungsraum und den Leitungsrohren.

Die Verbrennungsgase werden durch das Innere des Wagens und durch die Decke abgeführt. Frische Luft strömt von außen in den Lufterwärmungsraum und von hier nach den einzelnen Abteilen. Die Regelung erfolgt durch Drosselklappen.

Bei der Bauart Thamm & Rothmüller (vgl. schematische Abb. 7) liegt der zylindrische Heizkörper *b* ebenfalls rechtwinklig zum Wagen. Brennmaterial wird wie bei der Preßkohlenheizung von außen eingeschoben;

[1]) Eisenbahntechnik der Gegenwart, I. Bd., Teil 2, S. 583.

Digitized by Google

die Verbrennungsluft tritt durch *c* ein und durch das mit Saugkopf versehene Rohr *d* wieder aus.

Die Luft strömt unten in den den Heizraum umgebenden Blechmantel *f* und von hier durch die Leitungen *g* in die einzelnen Abteile. Die unten im Wagen liegende kältere Luft fällt durch eiserne Gitter, die

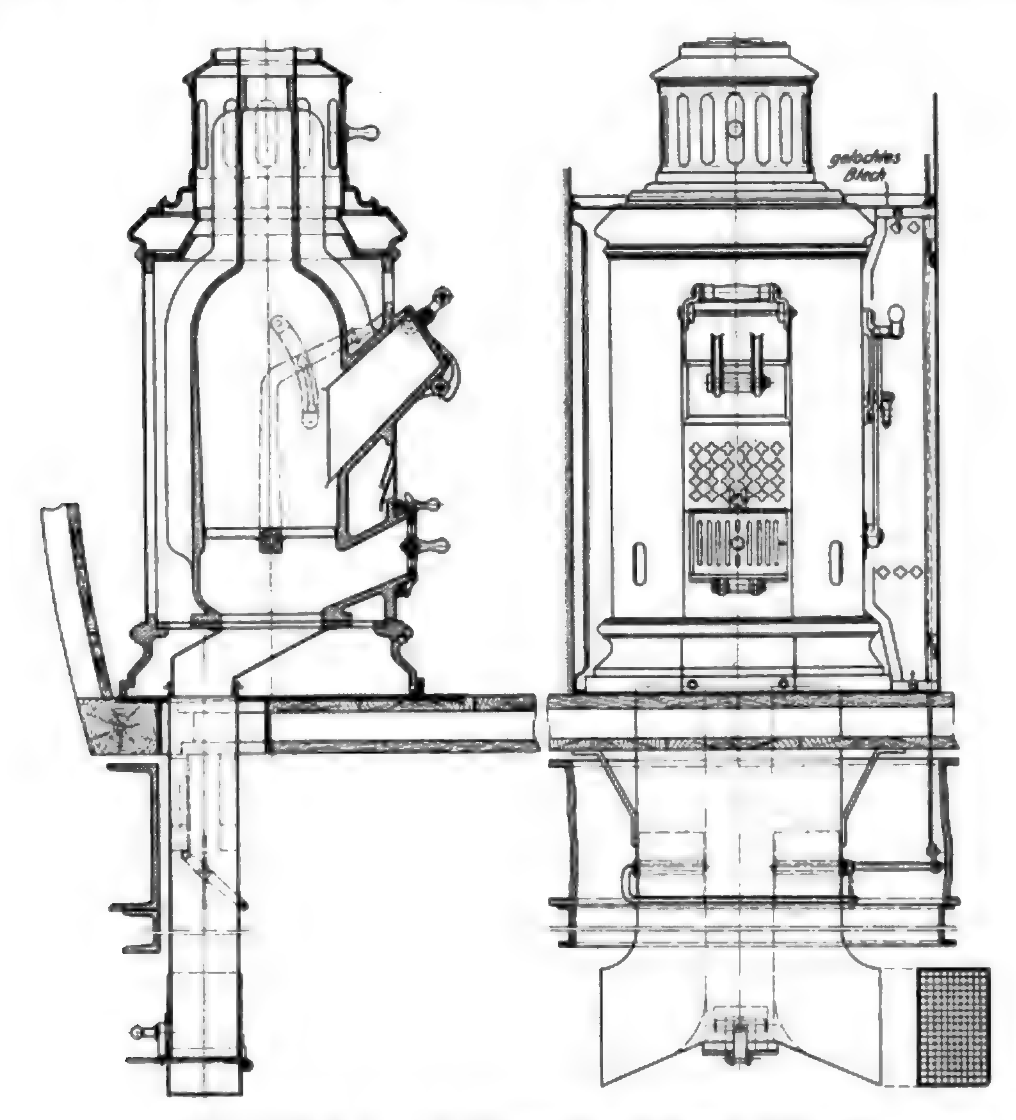


Abb. 4 und 5. Ofen für Bahnpostwagen (Bauart Schultze).

im Fußboden liegen, nach unten in den Heizraum, um hier angewärmt den Kreislauf von neuem zu beginnen. Nachteilig ist bei der letzten Einrichtung, daß die Heizluft den Abteilen selbst entnommen wird und ein guter Ersatz für die verbrauchte Luft fehlt.

Die Warmluftheizung gibt eine angenehme, gleichmäßige, allerdings bei starkem Frost bisweilen nicht genügende Wärme. Vorteilhaft ist die Zuführung frischer warmer Luft. Die Anlagekosten sind erheblich; Feuersgefahr ist nicht ausgeschlossen.

γ) Gasheizung.

Die Gasheizung ist nur in geringem Umfange, z. B. auf Belgischen Staatsbahnen, in Gebrauch. Für Bahnpostwagen findet sich vereinzelt folgende Ausführung.

In einem gußeisernen konischen Gehäuse sind im unteren Teile fünf Gasbrenner so angeordnet, daß einer in der Mitte liegt und die übrigen im Kreise gleichmäßig darum verteilt sind. Vom oberen Teile geht ein gewundenes Rohr zur Abführung der Verbrennungsgase ab. Als Brennstoff wird das verhältnismäßig teure Fettgas verwendet, für das schon die zur Beleuchtung notwendigen Behälter mitgeführt werden.

Die Gasheizung ist teuer und sehr feuergefährlich.

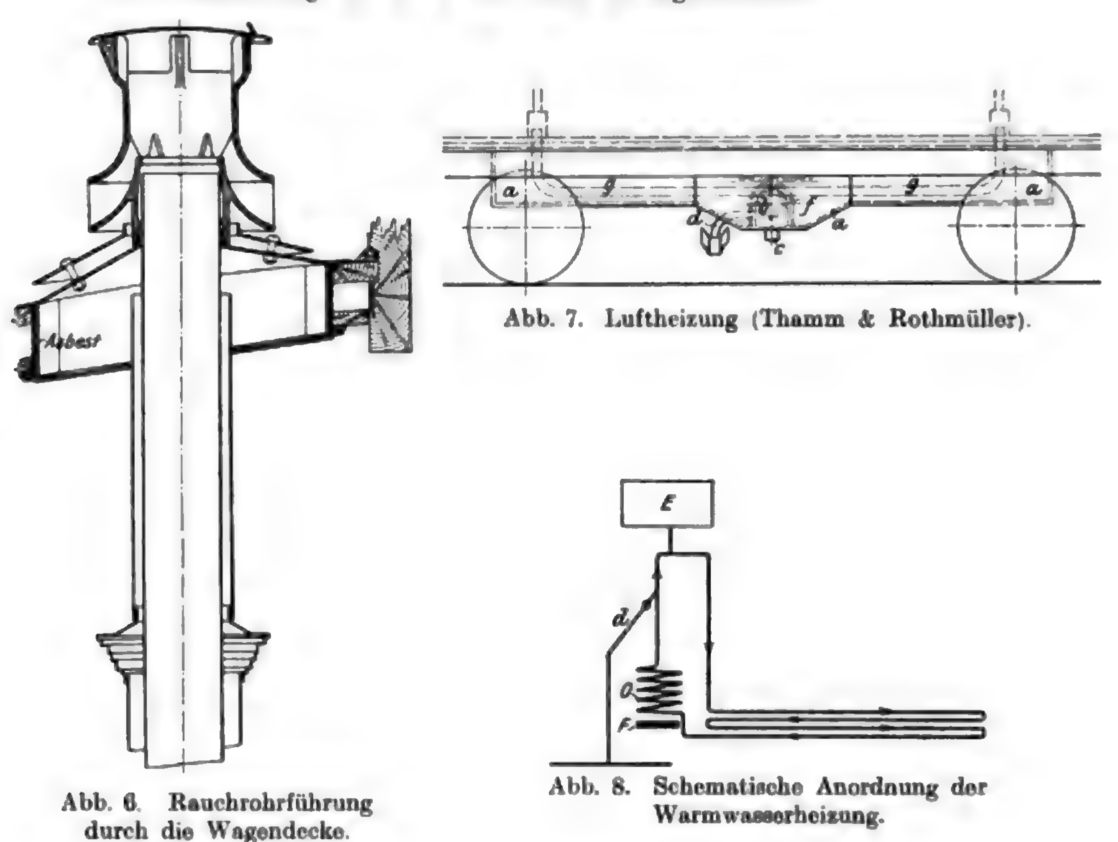


Abb. 7. Luftheizung (Thamm & Rothmüller).

Abb. 6. Rauchrohrführung durch die Wagendecke.

Abb. 8. Schematische Anordnung der Warmwasserheizung.

δ) Warmwasserheizung.

Die Warmwasserheizung ist in großem Umfange in Schlaf-, Salon- und Luxuswagen in Anwendung.

Ihre allgemeine Anordnung wird durch Abb. 8 schematisch dargestellt. *O* bedeutet den gewöhnlich in einem besonderen Raume aufgestellten Heizofen, dessen Inhalt durch die Feuerung *F* oder durch Dampf durch Leitung *d* erwärmt und infolge der spezifischen Gewichtsunterschiede des wärmeren und kühleren Wassers in Umlauf gesetzt wird. Das wärmere Wasser steigt von der Heizschlange zu einem Warmwasserausgleichbehälter *E* empor und geht von hier durch die Heizkörper unter Abgabe eines Teiles der Wärme im Kreislaufe wieder zum Ausgangsorte zurück.

Abb. 9 stellt die Warmwasserheizung der Gold Car Heating and Lighting Company dar, die vielfach in Amerika in Anwendung ist.

Digitized by Google

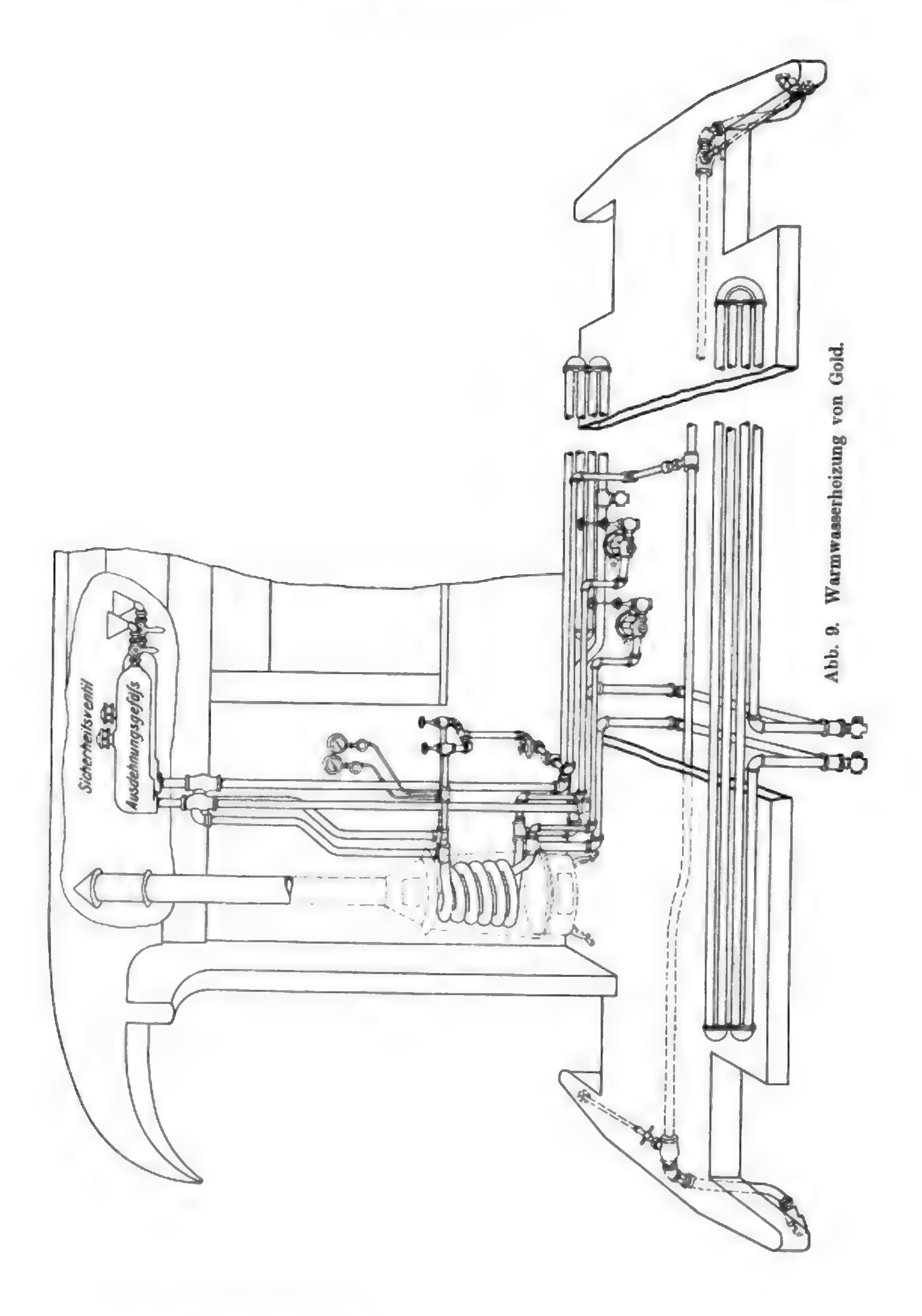


Abb. 9. Warmwasserheizung von Gold.

Durch den Ofen führen zwei Heizschlangen, von denen jede mit einem Ausdehnungsgefäß mit Sicherheitsventil in Verbindung steht. Das Wasser steigt infolge der Erwärmung, die auch durch Dampf aus der unter dem Wagen liegenden Dampfleitung erfolgen kann, zu dem einen Gefäß empor, geht auf der einen Seite des Wagens durch Heizschlangen

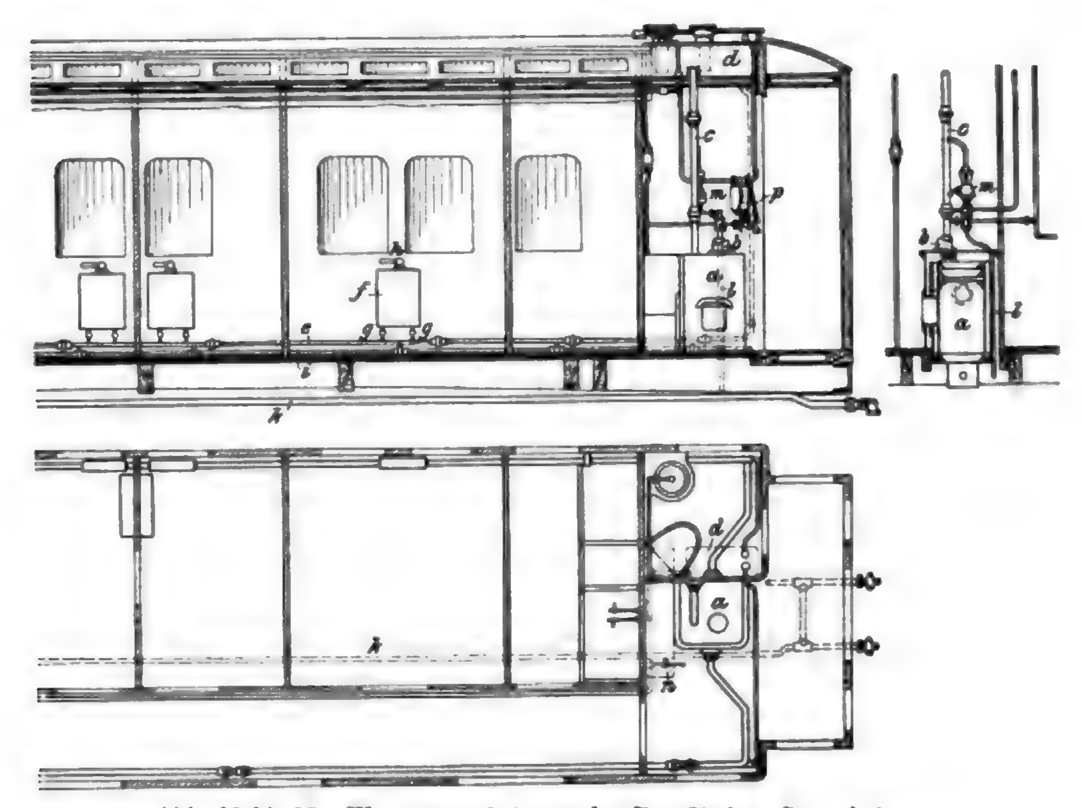


Abb. 10 bis 12. Warmwasserheizung der Preußischen Staatsbahnen.

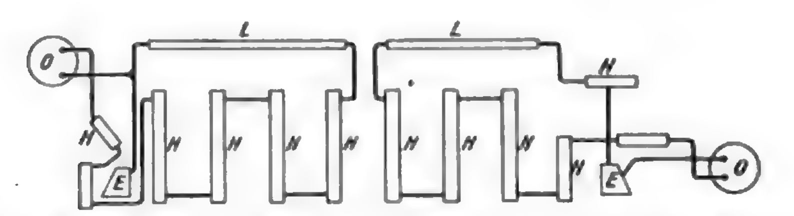


Abb. 13. Anordnung der Warmwasserheizung in französischen Wagen.

hin und zurück, strömt in die zweite Schlange des Ofens und von hier zur anderen Seite des Wagens, um dann wieder in die erste Schlange einzutreten.

Die Warmwasserheizung für Schlafwagen der Preußischen Staatsbahnen ist in Abb. 10 bis 12 zur Darstellung gebracht.

Der Ofen (*a*) ist ein stehender, mit innerer Feuerung und zwei Quersiedern versehener Kessel, der mit Kohle oder Koks geheizt wird. Außerdem kann die Erwärmung auch durch Einführung von Dampf in das Steigrohr *c* mittels eines Körtingschen Dampfwärmers *m* erfolgen. Die beiden vom Boden des Warmwasserbehälters *d* abführenden Heizrohr-

Digitized by Google

leitungen gehen in der Längsrichtung des Wagens dicht über dem Fußboden nach dem anderen Ende des Wagens und kehren von da unterhalb der Zuleitungsrohre als Rücklaufrohre in den Ofen zurück. Die eine durch die Abteile führende Leitung dient zur Erwärmung der mit Entlüftungshähnen *h* versehenen gußeisernen Rippenheizkörper *f*, deren Wärmeabgabe durch Stellhebel *g* geregelt werden kann; die andere Leitung erwärmt unmittelbar den Seitengang.

An den tiefsten Stellen der Leitungen befinden sich Ablaßhähne zum Entleeren; an den höchsten Punkten sind Entlüftungshähne vorgesehen, um beim Füllen der Heizung und auch während des Betriebes nach Bedarf die Luft ablassen zu können.

Vermittels einer Handpumpe *p* läßt sich aus den beiden miteinander verbundenen Kaltwasserbehältern *n* (Vorratsbehältern), die sich über dem Heiz- bzw. Waschraum befinden, Wasser nachfüllen, sowie die Wärme des kreisenden Wassers vermindern. Das durch den Dampfwärmer zu viel zugeführte Wasser fließt aus dem Warmwasserbehälter *d* ab.

Die schematische Anordnung der Warmwasserheizung in französischen Wagen[1]) ist in Abb. 13 dargestellt.

Es sind zwei voneinander getrennte Systeme vorgesehen. Die Kessel *O* sind gegen Wärmestrahlung gut isoliert unter den Endplattformen angebracht und werden von oben aus durch Abheben der den Füllschacht abschließenden Doppeldeckel mit Koks oder Anthrazit bedient. Das Heizwasser strömt vom Ausdehnungsgefäß *E* durch in der Mitte zwischen den Sitzen im Fußboden liegende schmiedeeiserne Kästen *H*, die mit Riffelblech abgedeckt sind, zu den glatten Rohren *L* im Seitengange, die es in die Heizschlange zurückführen.

Zur Beschleunigung des Anheizens und der schnellen Erwärmung von Räumen sind in einzelnen Fällen auch Schnellumlauf-Warmwasserheizungen für Eisenbahnfahrzeuge ausgeführt. Das Wasser wird in diesem Falle nicht nur erwärmt, sondern so stark erhitzt, daß sich ein Dampfwassergemisch im Steigrohr bildet, das, wesentlich leichter als das kältere Wasser in den Rücklaufrohren, in diesen wegen des Übergewichtes einen schnelleren Umlauf erzeugt. Abb. 14 und 15 stellen die Heizanlage für den dem Freiherrn von Rothschild gehörigen, von der Nesselsdorfer Wagenbau-Fabriks-Gesellschaft ausgeführten Saalwagen „Salon L I“ der Österreichischen Südbahn dar.

Der Dampf wird im Ausdehnungsgefäß *E* ausgeschieden, vermittels einer Brause fein verteilt in das Verdichtungsgefäß *v* geführt, das mit dem kälteren Wasser aus dem zu diesem Zweck hochgeführten Rücklaufrohren *r* gefüllt ist, und hier niedergeschlagen.

Durch einen Regler *R* wird der wechselnde Druck im Ausdehnungsgefäß *E* dazu benutzt, die Luftzufuhr zur Feuerung zu regeln.

Da die Temperatur der Heizkörper im Durchschnitt nicht über 70° C — bei der letztgenannten, unter Druck arbeitenden Heizung etwa 85° C — beträgt, so erreicht man durch die Warmwasserheizung eine äußerst milde, angenehme und auch leicht regelbare Wärme. Eine lästige Wärmestrahlung ist vollständig vermieden und eine Zersetzung des sich auf den Heizkörpern ablagernden Staubes infolge der geringen Erwärmung ausge-

[1]) Gesundheits-Ingenieur 1906, Nr. 14.

schlossen, was auf das Wohlbefinden der Reisenden einen besonders günstigen Einfluß ausübt. Die Wärmeaufspeicherung ist bedeutend, da das Wasser sich nur langsam abkühlt, wenn auch die Heizung außer Betrieb gesetzt wird.

Andererseits sind die der Warmwasserheizung anhaftenden Nachteile nicht unbedeutend. Die Bedienung ist ziemlich umständlich; das Feuer muß während der Fahrt unterhalten werden. Das tote Gewicht der Anlage ist erheblich, da die Heizkörper der Dampfheizung gegenüber etwa

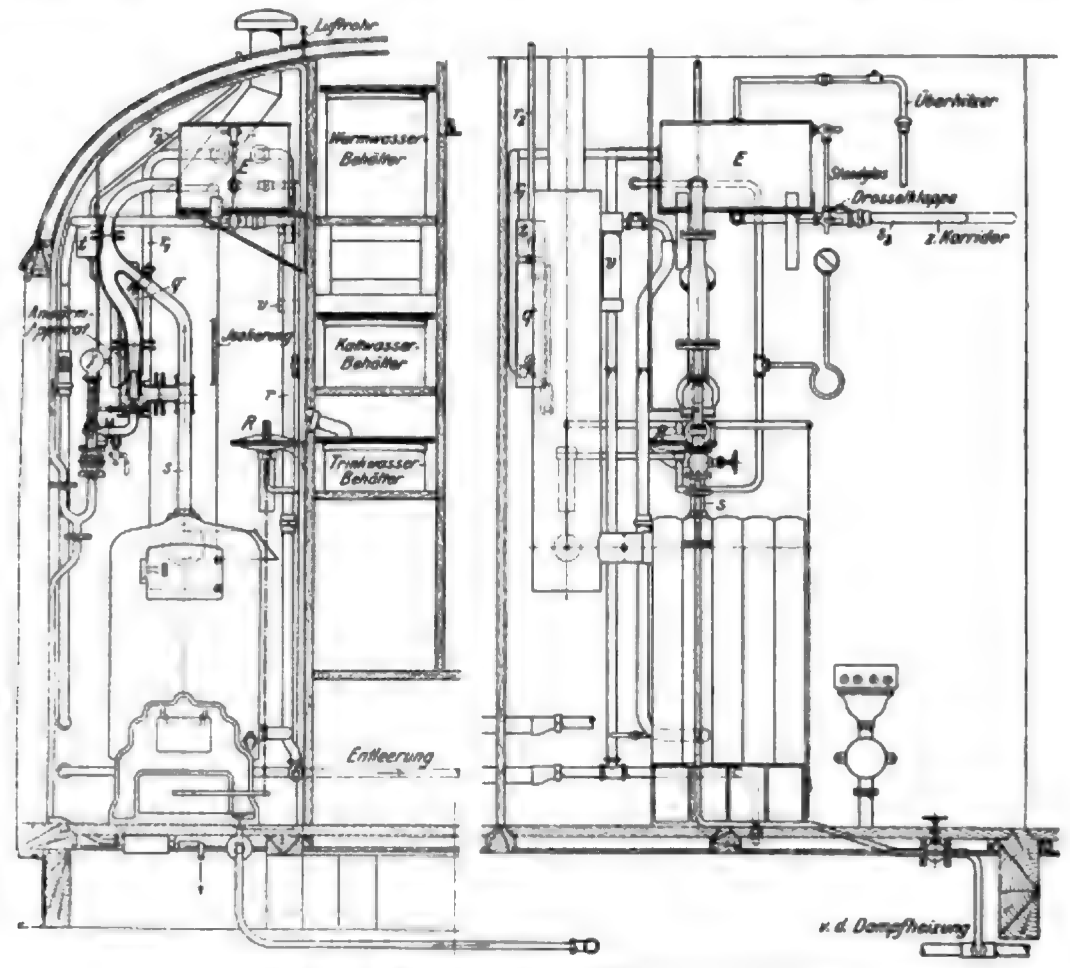


Abb. 14 und 15. Schnellumlauf-Warmwasserheizung.

1·5 mal so groß werden müssen und mit Wasser gefüllt sind. Zur Unterbringung des Ofens ist in der Regel ein besonderer Raum notwendig. Die Anlagekosten sind deshalb im Vergleich zu anderen Heizungsarten recht hoch.

Der Umlauf des Wassers tritt nach dem Anheizen erst ganz allmählich ein, so daß ein längeres Vorheizen, womöglich in einem warmen Raume, erforderlich wird. Bei sehr kaltem Wetter muß die Heizung auch während der Ruhepausen auf den Zugbildungsstationen dauernd in Betrieb gehalten werden, um ein Einfrieren zu verhindern. Bei längerer Außerbetriebsetzung ist sämtliches Wasser aus den Wasserbehältern, Rohrleitungen und Heizkörpern zu entfernen und bei Indienststellung wieder aufzufüllen.

Digitized by Google

c) Heizeinrichtungen für ganze Züge.

α) Dampfheizung.

Dampf ist als Wärmeträger für die Heizung von Eisenbahnwagen fast überall da in Anwendung, wo nicht besondere Verhältnisse eine andere Heizungsart verlangen.

Der Heizdampf wird entweder von der Lokomotive oder von einem besonderen in einem Gepäck- oder Güterwagen aufgestellten Kessel oder bei langen Zügen auch von der Lokomotive und einem Heizkesselwagen gemeinsam entnommen.

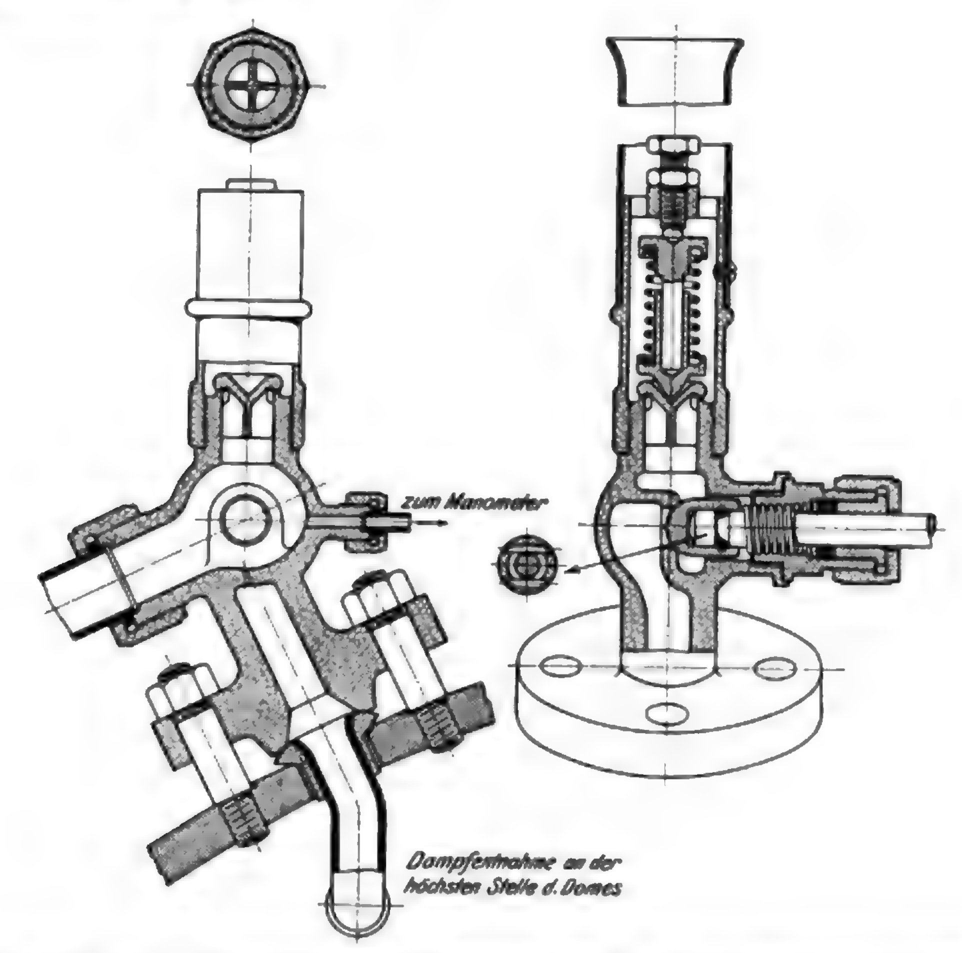


Abb. 16 und 17. Dampfdrossel- und Sicherheitsventil der Preußischen Staatsbahnen.

Zur Verbindung des Dampferzeugers mit den Heizkörpern in den Wagen dienen die parallel der Längsachse unter den Wagen liegenden eisernen Leitungsröhren von 30 bis 60 mm lichte Weite, die von Wagen zu Wagen durch Heizkupplungen verbunden sind.

Man unterscheidet:

Hochdruckdampfheizung,
Niederdruckdampfheizung,
Vereinigte Hoch- und Niederdruckheizung,
Dampfpreßluftheizung,
Dampfluftheizung,
Dampfheizung mit Wärmeaufspeicherung.

1. Einrichtungen auf der Lokomotive.

Der Heizdampf wird in der Regel dem Kessel am Führerstande entnommen und von dem Lokomotivführer der Außenwärme und der Länge der Züge entsprechend mit mehr oder weniger Druck in die Hauptleitung geschickt. Erstes Erfordernis ist dabei die Verwendung möglichst trocknen Dampfes, zu welchem Zweck das Dampfentnahmerohr häufig durch den Kessel hindurch in den Dom geführt ist. Auch die Überhitzung des abgedrosselten Dampfes ist versucht, um bei geringerem Dampfverbrauch möglichst wenig Niederschlagwasser aus den verhältnismäßig engen Rohren entfernen zu müssen und um eine größere Anzahl Wagen von der Lokomotive mit Heizdampf versehen zu können.

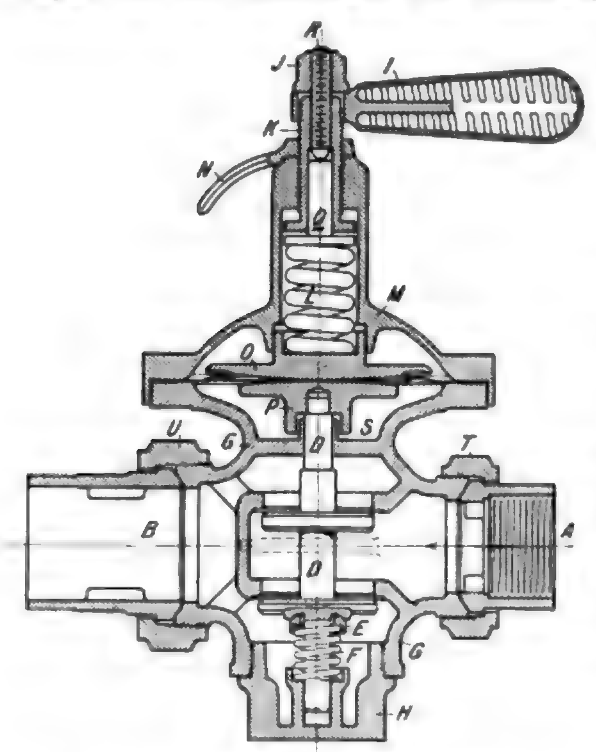


Abb. 18. Dampfdruckregler von Gold.

Der Druck in der Hauptleitung wird durch Druckminderungs- bzw. Drosselventile unter Beobachtung eines Heizleitungs-Manometers geregelt. Sicherheitsventile in der anschließenden Rohrleitung hindern eine unzulässige Erhöhung des Leitungsdruckes, der die Verbindungs-Schläuche nicht standhalten würden.

Abb. 16 und 17 stellen das auf preußischen Bahnen übliche Dampfdrossel- und Sicherheitsventil dar. Abb. 18 zeigt einen Schnitt durch den von der Gold Car Heating and Lighting Comp. verwendeten selbsttätigen Dampfdruckregler.

Vom Führerstande wird der Dampf durch einen Umstellhahn nach dem vorderen oder hinteren Ende der Lokomotive geführt. Zwischen Lokomotive und Tender findet die zwischen den Wagen übliche Kupplung Anwendung.

2. Einrichtung von Heizkesselwagen.

Die größte Länge des von einer Stelle zu heizenden Zuges kann man etwa, wie folgt, annehmen:[1])

Bei	0° C	30 bis 40	Achsen
„	— 5° C	20 „ 30	„
„	—10° C	15 „ 20	„
„	—15° C	15	„

Infolgedessen werden bei niedriger Temperatur zur Heizung längerer Züge besondere Heizkesselwagen eingestellt, die vor dem letzten Drittel

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1903, S. 209.

Digitized by Google

des Zuges laufend nach vorn und hinten das zweite und letzte Drittel mit Dampf versehen.

Abb. 19 und 20 bringen den Heizkesselwagen für die Preußischen Staatsbahnen zur Darstellung.

Ein liegender, ausziehbarer Röhrenkessel von 13·7 qm Heizfläche ist in einem dreiachsigen Güterwagen untergebracht, der auch die Behälter für etwa 900 kg Kohlen und 3 cbm Wasser enthält. Außer der gesetzlich vorgeschriebenen Armatur sind die Kessel mit Heizdampfentnahmevorrichtungen, Heizungssicherheitsventil und -Manometer ausgerüstet. Zwei Dampfleitungen, jede für sich absperrbar, führen nach den Stirnseiten des Wagens und gestatten seine Einstellung an beliebiger Stelle des Zuges.

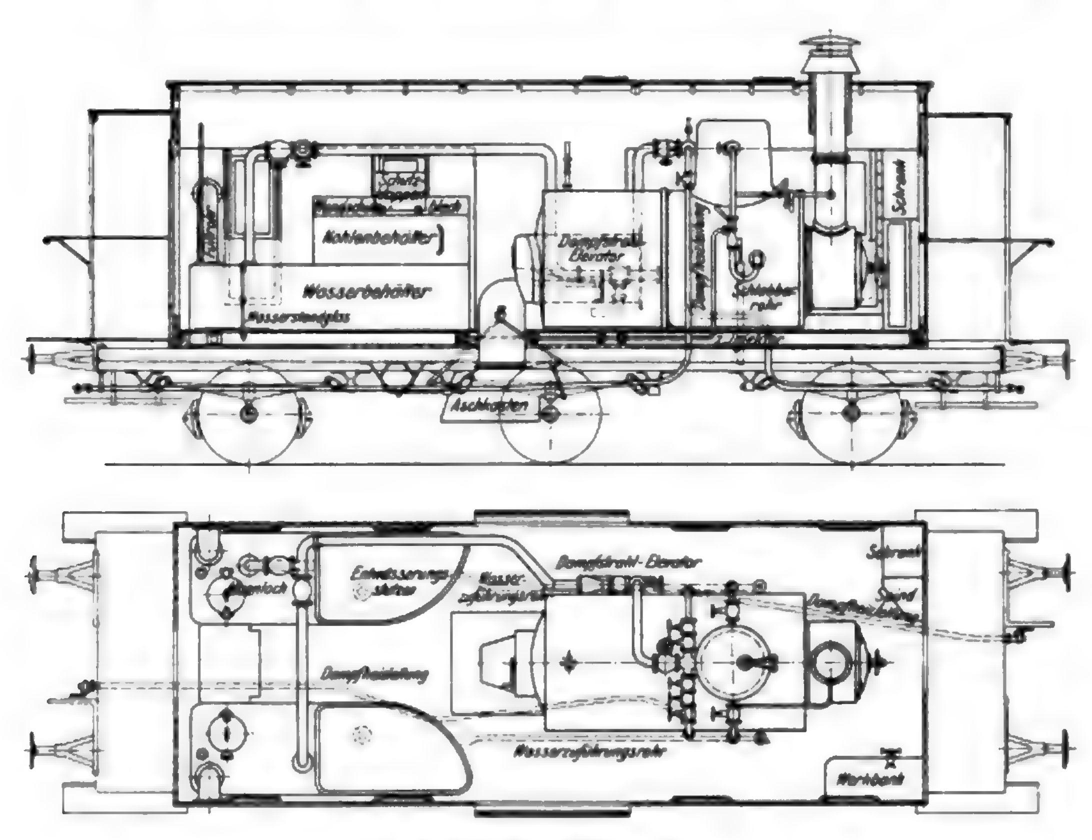


Abb. 19 und 20. Heizkesselwagen.

Auf den Österreichischen Staatsbahnen werden statt der früheren stehenden Kesselanordnung in neuerer Zeit ebenfalls liegende Kessel für 8 at Überdruck von 18 qm Heizfläche (3 cbm Wasser, 3 cbm Kohlenraum) eingestellt, die für je sechs bis acht Wagen nach vorn und hinten genügend Dampf erzeugen.

Die Heizkesselwagen erfordern einen besonderen Kesselwärter und vermehren das tote Gewicht des Zuges nicht unbedeutend, was besonders für Strecken mit starken Steigungen von Nachteil ist.

Für elektrische Vollbahnen ist die Dampfheizung ebenfalls vielfach in Anwendung. Abb. 21 und 22 stellen die Kesselanordnung dar, wie sie für die elektrische Vorortbahn Berlin—Groß-Lichterfelde-Ost[1]) zur Aus-

[1]) Glasers Annalen 1903, S. 185.

Digitized by Google

führung gelangt ist. Die Züge bestehen aus drei bis vier vierachsigen Triebwagen, die durch Zwischenfügen dreiachsiger Wagen verstärkt werden. In der Mitte eines jeden Zuges befindet sich ein Wagen II. Kl., der in einem Endabteil den Kessel enthält, von dem der Dampf nach beiden Enden des Zuges geleitet wird.

3. Leitungen und Kupplungen.

Zur Fortleitung des Dampfes von dem Kessel dienen die Dampfleitungen, die zwischen den einzelnen Fahrzeugen durch Kupplungen miteinander verbunden werden.

Die frei liegenden Dampfleitungen und die Anschlußleitungen zu den Heizkörpern, die stets derart mit Gefällen (etwa 1 : 100) zu verlegen sind, daß das Niederschlagwasser frei abfließen kann, sind gegen Abkühlung gut zu schützen, damit die Ausnutzung der Dampfwärme möglichst vollkommen wird.

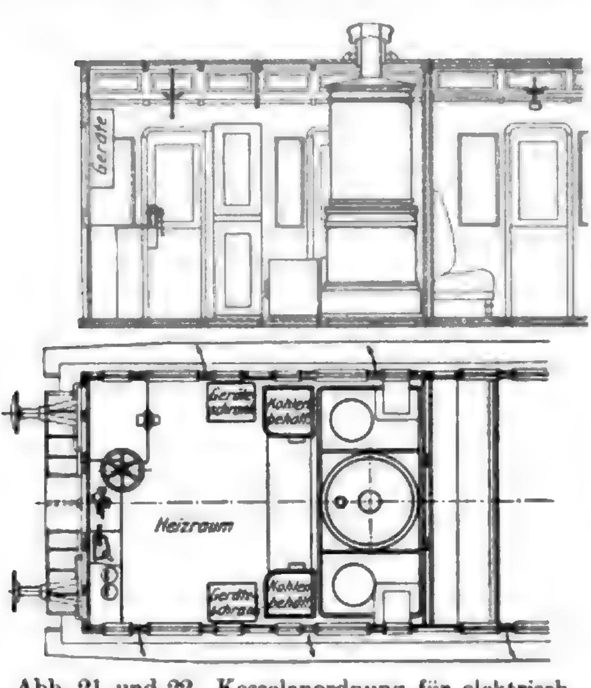


Abb. 21 und 22. Kesselanordnung für elektrisch betriebene Wagen.

Die Leitungen werden deshalb beispielsweise mit Mänteln von 3 mm starker Asbestpappe und 20 mm starkem Filz umhüllt, der mit grober Leinwand oder Nessel und dann mit starkem Bindfaden bewickelt und darüber mit einem Gipsanstrich, dem etwas Ölfarbe zugesetzt ist, versehen wird.

An jedem Stirnende des Wagens haben die Hauptdampfleitungen einen Anschlußstutzen, dessen Höhlung unten zur Aufnahme der Heizkupplung dient, vielfach auch einen Absperrhahn, um die Kupplung auch während des Heizens entfernen bzw. umwechseln zu können.

Häufig sind auch die Heizschläuche (gleichwie die Bremsschläuche) mit der Heizleitung verschraubt, und werden wie diese in der Mitte zwischen den Wagen zusammengekuppelt.

Der für den Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen vorgeschriebene Anschlußstutzen ist in Abb. 23 dargestellt. Das Mundstück der Kupplung wird durch einen Bügel mit Schraube dampfdicht mit der Leitung verbunden.

Sehr häufig sind Gummischläuche (siehe Abb. 24) in Anwendung. Diese Schläuche haben zwar nur eine verhältnismäßig geringe Lebensdauer und geben zu öfteren Wiederherstellungsarbeiten Veranlassung, haben aber den metallischen Kupplungen gegenüber den Vorzug des geringeren Gewichtes und des um ein Vielfaches billigeren Preises. Außerdem werden die metallischen Kupplungen im Betriebe des öfteren so heiß, daß ihre Bedienung kaum möglich ist.

Digitized by Google

Abb. 25 stellt eine auf französischen Bahnen angewendete metallische Kupplung dar, die einen lichten Durchmesser von 40 mm besitzt und daher, wie auch die weiteren Leitungen amerikanischer Bahnen, eine größere

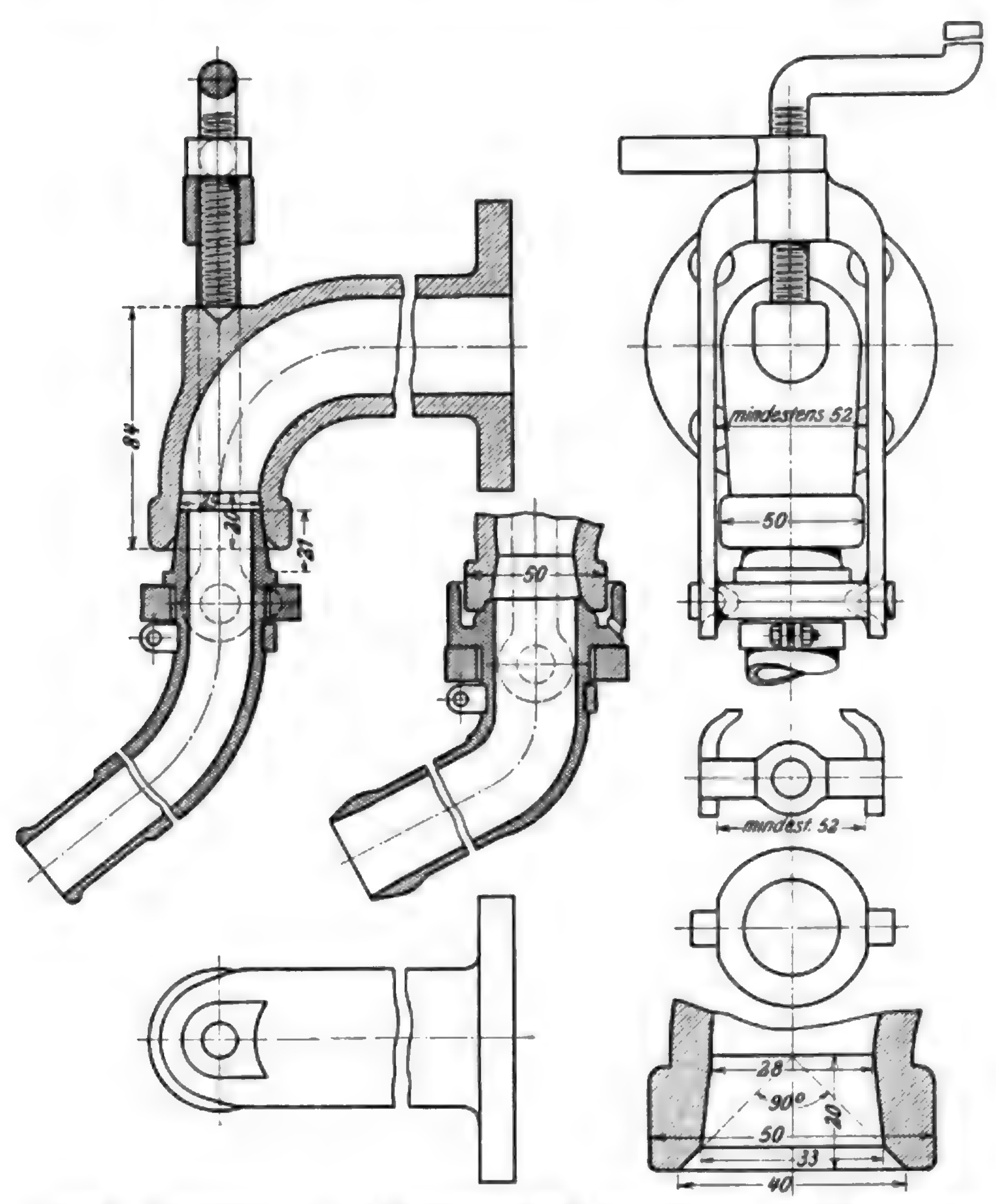


Abb. 23. Anschlußstutzen und Mundstück für die Dampfheizung. (Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.)

Dampfmenge an den Schluß des Zuges führen kann, als bei den engen Mundstücken des V. D. E. V. möglich ist.

Abbildungen weiterer Kupplungen finden sich Eisenbahntechn. der Gegenwart, Bd. I, Teil 2, S. 586 ff.

An der tiefsten Stelle der Kupplungen sind Ablaßhähne oder selbsttätige Niederschlagwasserableiter angebracht. Letztere bestehen aus Ventil

Digitized by Google

mit Federbelastung und haben sich ebenfalls bewährt. Abb. 24 zeigt den Ablaßhahn, wie er auf preußischen Bahnen üblich ist. Beim Anheizen ist der Hahn ganz geöffnet; er wird erst, wenn nur noch Dampf austritt, so umgestellt, daß eine kleine Bohrung das sich nach dem Vorwärmen in geringerem Maße bildende Niederschlagwasser abläßt. Eine eingedrehte Nut hindert eine völlige Abstellung des Hahnes und vermindert dadurch die Gefahr des Einfrierens der Kupplung.

Selbsttätige Wasserabscheider am Zugende sind vielfach in Gebrauch. So verwenden die österreichischen Bahnen

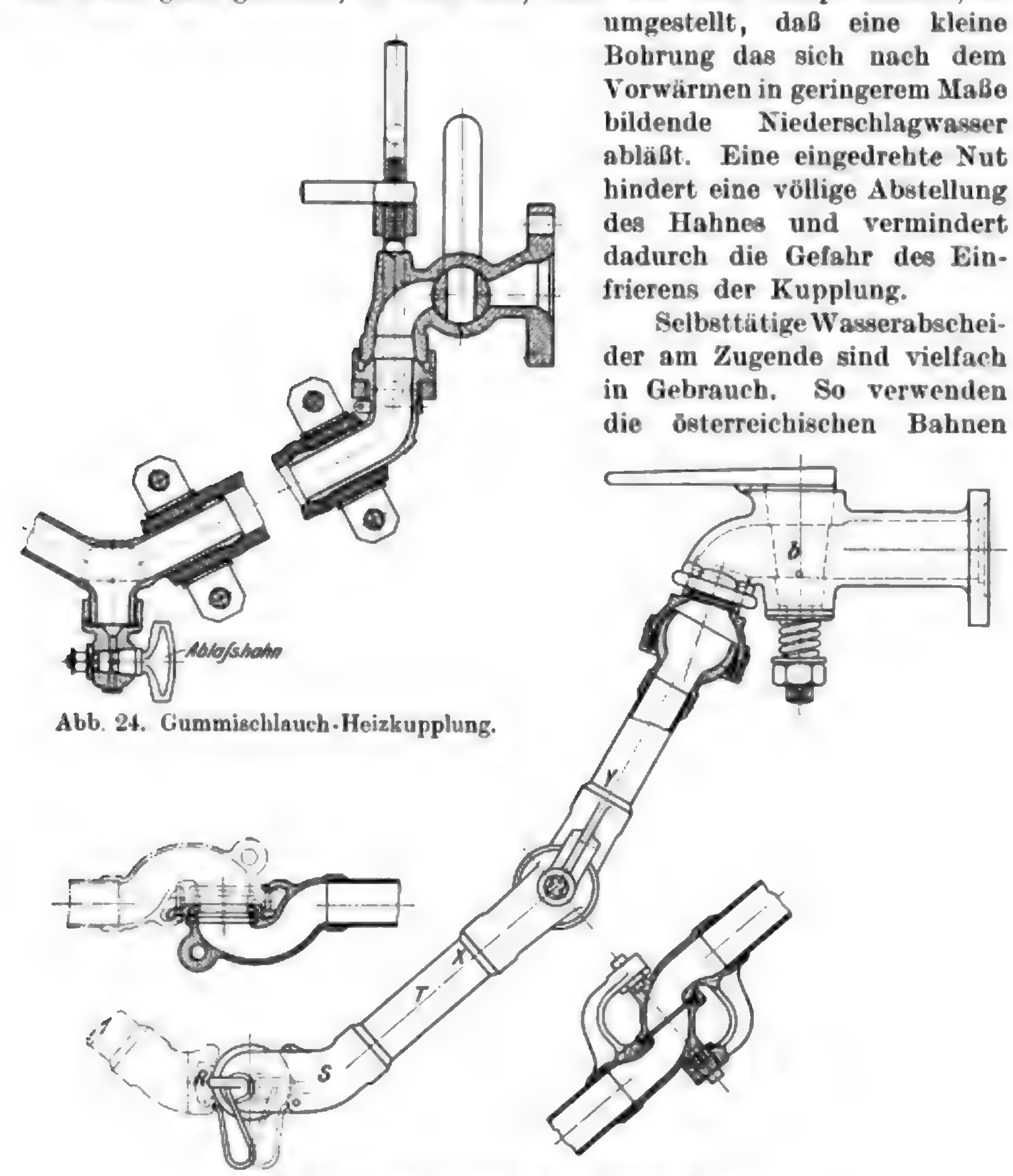


Abb. 24. Gummischlauch-Heizkupplung.

Abb. 25. Metallkupplung französischer Bahnen.

mit gutem Erfolge das in Abb. 26 dargestellte Abschlußventil, das erst bei einem Dampfdruck von über $^1/_2$ at geschlossen wird und deshalb das sich hauptsächlich beim Anheizen bildende Niederschlagwasser unbehindert abfließen läßt. Steigt der Druck in der Leitung, wird das Ventil geschlossen und es kann das Wasser und der Dampf aus der kleinen mittleren Bohrung austreten.

Die vielteiligen Wasserabscheider-Bauarten von Friedmann, Haag, Heintz, Kühn u. a. haben den Nachteil, daß sie leicht durch Unreinigkeiten, insbesondere durch die abgetrennten Gummiteilchen der Heizschläuche verstopft werden, das Niederschlagwasser nicht mehr durch-

Digitized by Google

lassen und bei strenger Kälte einfrieren; werden sie durch Schlammtöpfe und Siebe gegen Verunreinigungen geschützt, zeigen sie bei nicht zu großer Kälte in der Regel befriedigende Wirkung.

Auf den preußischen Bahnen ist der durch Abb. 27 dargestellte Schlußhahn in Anwendung, der das Niederschlagwasser frei austreten läßt und der fortschreitenden Durchwärmung des Zuges entsprechend eingestellt wird. Ein vollständiges Schließen des Hahnes ist auch hier durch eine eingedrehte Ringnut verhindert.

Eine Rückleitung des Niederschlagwassers findet nur in ganz vereinzelten Fällen statt, wie z. B. auf der Pennsylvania-Bahn, wo es mittels einer Pumpe aus einer besonderen Leitung zurückgesaugt wird, und auf russischen Bahnen bei der Einrichtung von Derschan, der den Dampf durch Leitungen an der Wagendecke zu den Verbrauchsstellen leitet und

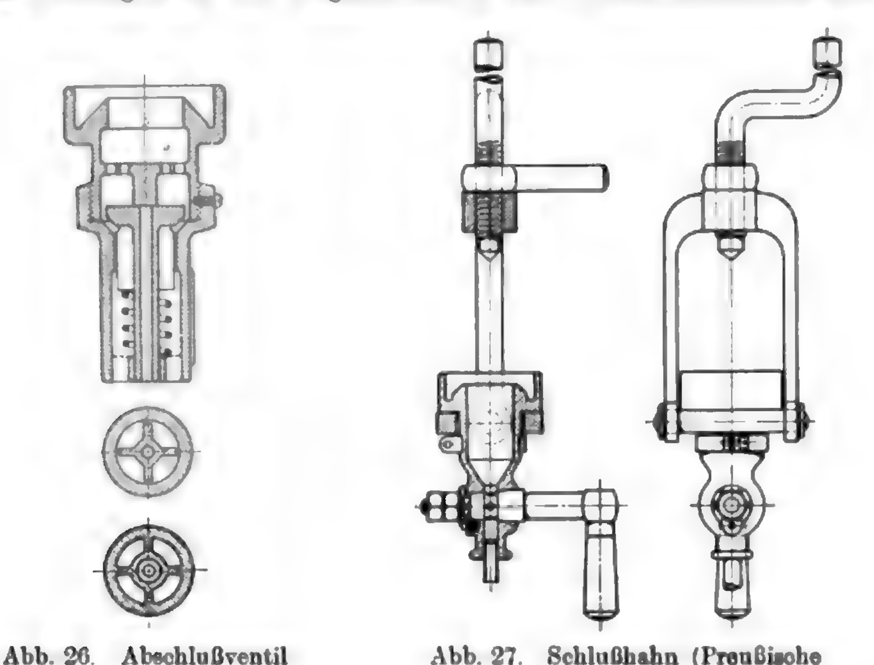


Abb. 26. Abschlußventil österreichischer Bahnen.

Abb. 27. Schlußhahn (Preußische Staatsbahnen).

das Niederschlagwasser durch unten liegende Kupplungen zum Kesselwagen zurückführt.

4. Die Hochdruckdampfheizung.

Bei der Hochdruckdampfheizung, die Abb. 28 in einfachen Linien darstellt, ist der Druck in den Heizkörpern derselbe wie in der Hauptleitung, mit der diese durch Abzweigrohre *a* verbunden sind. Das Niederschlagwasser und die Luft treten durch den Schlußhahn, die Wasserableiter oder die Ablaßvorrichtungen an den tiefsten Stellen der Heizkupplungen aus. Vorteilhaft ist eine Trennung der Dampfzuführung nach den Heizkörpern von der Niederschlagwasserableitung. Ist das nicht möglich, so empfiehlt sich zur Beschleunigung des Vorheizens, die Einstellhebel der Heizkörper öfter auf „kalt" zu stellen, damit die Luft und das sich anfangs in größerer Menge bildende Niederschlagwasser nicht durch die Hauptdampfleitung ablaufen muß.

Zwischen Hauptdampfleitung und Heizkörper liegen in der Abzweigung

Digitized by Google

die Hähne oder Drosselschieber (Bauart Pintsch s. Abb. 29 in Kaltstellung), die vom Abteil aus durch Stellhebel zwecks Regelung geöffnet oder geschlossen werden und die bei abgestellter Heizung das Niederschlagwasser ins Freie treten lassen.

Als Heizkörper werden unter den Sitzen liegende Rohre aus Flußeisen oder schmiedbarem Guß verwendet, denen der Dampf gewöhnlich an der tiefsten Stelle zugeführt wird.

Bei der Wiener Stadtbahn wird das Hauptleitungsrohr in den Wagenkasten hineingeführt und zugleich als Heizrohr verwertet. Außerdem dienen hier noch an den Längswänden angeordnete und mit dem Hauptleitungsrohr parallel laufende Gasrohre von 52 mm äußerem Durchmesser zur Erhöhung und Regelung der Wärmeabgabe.

Abb. 28. Hochdruckdampfheizung.

Auch bei den schwedischen Bahnen sind die Hauptleitungsrohre gleich als Heizrohre verwendet. Sie sind zur besseren Wärmeabgabe mit Rippen versehen und unter dem Fußboden in Holzkasten gelagert, aus denen die warme Luft in die Abteile tritt. Eine Regelung erfolgt durch Drosselklappen in den Zuführungskanälen.

Die Spannung des Dampfes beträgt etwa 2—3, bei längeren Zügen und starker Kälte am Anfang des Zuges bis zu 5 at.

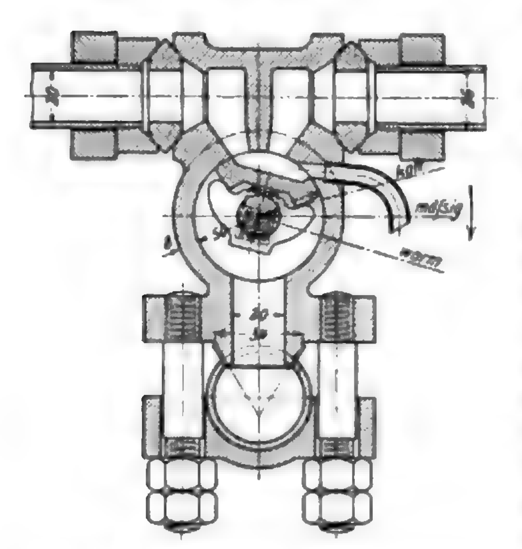


Abb. 29. Drehschieber (Bauart Pintsch).

Die Hochdruckdampfheizung ist wegen ihrer Einfachheit und ihrer verhältnismäßig schnellen Wirkung noch häufig in Anwendung (Schweiz, Österreich usw.), obwohl ihre Übelstände nicht unbedeutend sind. Die Heizwirkung ist am Anfange des Zuges am höchsten und nimmt zum Ende außerordentlich stark (bis zu 30 v. H.) ab. Die Heizkörper werden sehr heiß, so daß ein Versengen und Zersetzen des Staubes und ein allzu starkes Austrocknen der Luft nicht ausgeschlossen ist. Die Verbindungsstellen der Rohre werden undicht und stellen dann die ganze Anlage, die eine sehr sorgsame Unterhaltung erfordert, in Frage.

5. Die Niederdruckdampfheizung.

Die vorerwähnten Nachteile werden zum größten Teile durch die Niederdruckdampfheizung behoben, die nur mit sehr geringer Dampfspannung arbeitet und das Niederschlagwasser nicht in die Hauptdampfleitung zurückführt.

Der Dampf wird der Hauptleitung durch ein Drosselventil *D* (Abb. 30) entnommen und in die Niederdruckheizleitung an ihrer höchsten Stelle eingeführt. Von der Heizleitung zweigen die einzelnen Heizkörper ab, oder sie wird selbst etwa zweimal hintereinander durch den Wagen geführt.

Digitized by Google

Das Ende der Leitung mündet ins Freie zur Ableitung des Niederschlagwassers und des nicht verbrauchten Dampfes.

Die Regelung dieser Heizungsart wird gewöhnlich nicht durch den Reisenden, sondern durch den Wagenwärter der Außentemperatur entsprechend derart für den ganzen Wagen besorgt, daß die Auspuffrohre warm bleiben und noch etwas Dampf aus ihnen entweicht. Zwei Heizkörper, von denen der eine (*a*) $^1/_3$, der andere (*b*) $^2/_3$ der ganzen erforderlichen Heizfläche besitzt und die zu getrennten Niederdruckheizsystemen gehören, sind in jedem Abteil untergebracht und gestatten eine dreifache Wärmeabstufung.

Vorzüge der Niederdruckdampfheizung sind: angenehme Wärme, da die Heizkörper nur 100° C warm werden und ein Zersetzen des Staubes nur in geringem Maße eintritt; einfache Bedienung und Unterhaltung, da die Anlage druckfrei arbeitet. Nachteilig ist die mangelhafte Regelung durch die Reisenden selbst.

Die Niederdruck-Abdampfheizung ist vereinzelt bei Eisenbahnfahrzeugen in Anwendung. So werden z. B. die von der Maschinenfabrik Eßlingen erbauten Dampfmotorwagen der Württembergischen Staatsbahnen[1]) während der Fahrt mit Auspuffdampf, bei Stillstand mit frischem, gedrosseltem Dampf geheizt, der auch zu den Anhängern fortgeleitet werden kann.

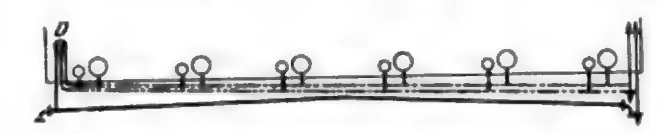


Abb. 30. Niederdruckdampfheizung.

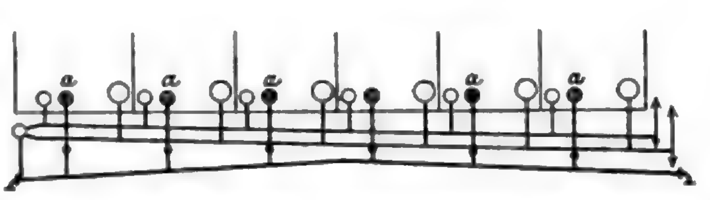


Abb. 31. Vereinigte Hoch- und Niederdruckdampfheizung.

6. Die vereinigte Hoch- und Niederdruck-Dampfheizung.

Die Vereinigung der Hochdruckdampfheizung mit der Niederdruckheizung führt durch Hervorkehrung der beiden Heizungsarten eignen Vorteile zu einer allen berechtigten Anforderungen der Reisenden entsprechenden Heizung.

Die Wärmeabstufung ist bei der vereinigten Hoch- und Niederdruckdampfheizung, die auf den preußischen Bahnen bei fast allen neueren Wagen zur Anwendung gelangt, eine 4fache. In jedem Abteile sind 3 walzenförmige Heizkörper unter den Sitzen angebracht, deren Oberflächen ungefähr $^1/_4$, $^1/_4$ und $^2/_4$ der ganzen Heizfläche betragen. Ein kleiner Heizkörper *a* (Abb. 31) ist mit der Hauptdampfleitung durch Drehschieber verbunden und vom Abteil aus von den Reisenden absperrbar.

Die anderen kleinen und die großen Heizkörper sind je unter sich zu zwei besonderen Niederdruckheizsystemen vereinigt, deren Regelung durch einen außen am Wagen angebrachten Verteilungsschieber und ein Drosselventil nach Abb. 32 erfolgt.

[1]) Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 861.

Digitized by Google

Es sind vier Stellungen möglich, die die Heizung von 6 zu 6° C einzustellen gestatten, und zwar für mehr als 6° Wärme — beide Niederdruckheizsysteme sind geschlossen — für 6 bis 0° Wärme — nur das kleine Heizsystem ist offen — für 0 bis 6° Kälte — nur das große — und für mehr als 6° Kälte — beide Heizsysteme sind unter Dampf.

Das vor dem Verteilungsschieber angebrachte Drosselventil hat den Zweck, die Dampfzuführung so zu regeln, daß aus den Auspuffrohren noch eben etwas Dampf entweicht.

In den D-Zugwagen ist die Hochdruckdampfheizung in derselben Weise vom Reisenden an- und abstellbar. Die Heizkörper stehen mit der Hauptdampfleitung direkt in Verbindung. Die Niederdruckdampfheizung besteht aus zwei getrennten schlangenförmig unter den Sitzen in den Abteilen liegenden Heizrohrsystemen, von denen die eine Rohrschlange $^1/_4$,

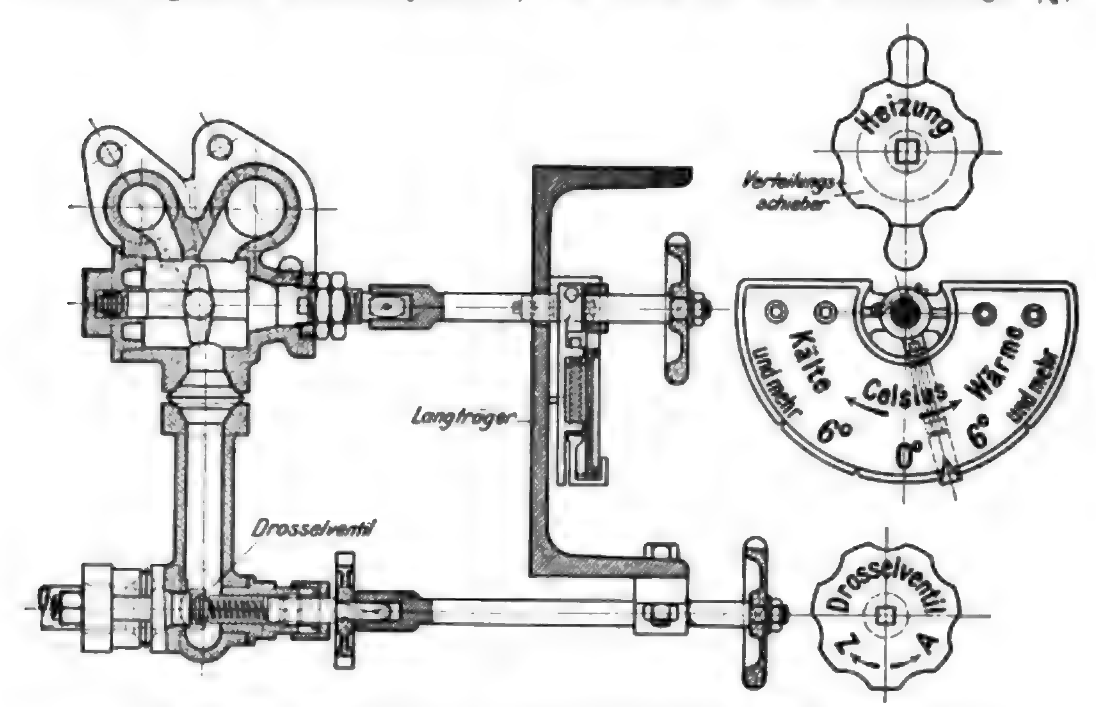


Abb. 32. Verteilungsschieber und Drosselventil (Preußische Staatsbahnen).

die andere $^3/_4$ der notwendigen Heizoberfläche besitzt. Auch hier sind dieselben vier Stellungen wie bei der Abteilheizung möglich; Verteilungsschieber und Drosselventil sind jedoch im Seitengange nach Abb. 33 angeordnet. Von der richtigen Einstellung können sich die Reisenden durch die im Seitengange angebrachte, bei Betätigung des Verteilungsschiebers sich ändernde Tafel (Abb. 34) unterrichten.

Für den Seitengang ist ein besonderes Niederdruckheizsystem angeordnet.

7. Die Dampfpreßluftheizung.

Die Dampfpreßluftheizung[1]) ist bei der Gotthard- und den Französischen Ost-, West- und Orléansbahnen in Anwendung. Auch dort hatte die gewöhnliche Dampfheizung gezeigt, daß die Länge der Züge von 24

[1]) Revue générale des chemins de fer, Nov. 1903.

Digitized by Google

und mehr Wagen so groß war, daß von einer Stelle die Heizung nicht mehr für die letzten Wagen ausreichte. Bei strenger Kälte wurde eine gute Durchwärmung nur bis zum zehnten Wagen hinter der Lokomotive erreicht. Von der Mitführung eines Heizkesselwagens mußte Abstand genommen werden wegen des toten Gewichtes, der besonderen Wartung und vor allem deshalb, weil die Heizung nur selten und dann bei plötzlich auftretender Kälte sofort betriebsfähig sein muß.

Deshalb hat man zuerst auf der Ostbahn Versuche mit einer Dampfpreßluftheizung angestellt. Zur weiteren und schnelleren Fortleitung wird dem Dampf etwas Preßluft zugesetzt, die die starke Spannungsabnahme

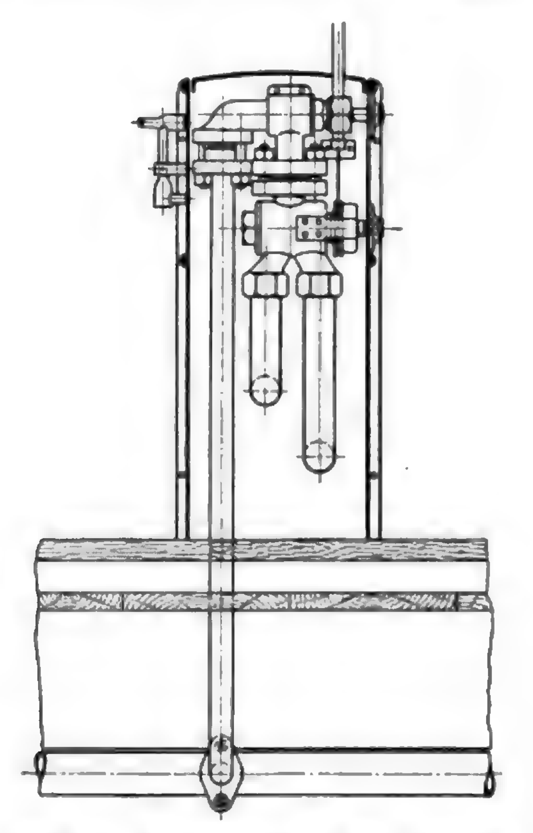


Abb. 33. Verteilungsschieber und Drosselventil in D-Wagen.

Abb. 34. Anzeigetafel für D-Wagen (Preußische Staatsbahnen).

des Heizdampfes gegen das Ende des Zuges vermindert, ein gutes Arbeiten der selbsttätigen Wasserabscheider gewährleistet und dadurch störende Ansammlungen von Niederschlagswasser in den tiefliegenden Teilen der Leitungen beseitigt.

Die Bauart der Heizung ist ähnlich der beschriebenen Hochdruckdampfheizung. Von der Lokomotive läuft das Hauptdampfrohr unter den Wagen her, durch zweiteilige Kupplungen von großer Durchgangsweite von Wagen zu Wagen verbunden. Am Ende der Rohrleitung sitzt ein selbsttätiger Wasserabscheider Bauart Heintz.

Der Leitungsdruck wird bei Antritt der Fahrt vom Lokomotivführer auf 4 bis 5 at gehalten, dann aber der Länge der Züge entsprechend bis auf 2 at ermäßigt. Das Anheizen eines Zuges von 12 Wagen dauert bis

Digitized by Google

zur Wärmeabgabe der Heizkörper etwa 10 Min., bei 18 Wagen sind ungefähr 20, bei 24 Wagen 35 Min. erforderlich.

Der vorteilhafteste Zusatz von Preßluft beträgt etwa 10 v. H. Größere Luftmengen sind aber beim Anheizen für die schnellere Abführung des Niederschlagwassers von Vorteil. Der Zweck dieses Zusatzes an Preßluft, das Einfrieren von Wasseransammlungen zu verhindern, wird recht gut erreicht; das Gemisch behält selbst beim Niederschlagen des Dampfes noch so viel Spannung, um das Abwasser aus den Wasserabscheidern zu drücken. Um das Einfrieren der Heintzschen Wasserabscheider auch bei abgestellter Heizung zu verhindern, ist in jedem Wagen ein besonderer gußeiserner Behälter für das Abwasser angeordnet, in dessen Boden zwei Wasserabscheider eingeschraubt sind; die Eintrittsöffnung des einen liegt dicht über dem Boden, durch ein Sieb gegen eindringende Fremdkörper geschützt, die des zweiten liegt bedeutend höher und läßt bei etwaigem Versagen des ersteren Abscheiders dann noch das Niederschlagwasser ablaufen.

Die Preßluft wird entweder von einer besonderen Luftpumpe erzeugt oder dem Hauptluftbehälter der Bremsleitung mit Drossel- und Rückschlagventil entnommen. Der Heizdampf wird in bekannter Weise aus dem Dom in die Leitung geführt und der Druck vom Führer der Länge des Zuges entsprechend geregelt. Bei Anordnung einer besonderen Luftpumpe gelangt auch deren Abdampf als Heizdampf bisweilen zur Anwendung.

Um einen Übergang der so eingerichteten Wagen auch auf andere Bahnen zu gestatten, ist die Heizung auch für gewöhnlichen Dampfbetrieb eingerichtet. Zu dem Zweck ist der vorerwähnte Sammelkasten mit einer schmiedeeisernen freiliegenden Trommel in Verbindung gebracht, in die bei Abschluß der Wasserableiter der Dampf dringt und durch sein Niederschlagen lebhafteres Nachströmen frischen Dampfes bewirkt.

8. Die Dampfluftheizung.

Die druckfreie Dampfheizung „Bauart Heintz“[1]) hat als wesentlichsten Bestandteil eine Mischdüse (Saturator), die den Eintritt des Dampfes in den Heizkreislauf eines Wagens selbsttätig, und zwar nach dem Wärmegrad am Ende des Kreislaufes regelt, wo das Niederschlagwasser abläuft.

Jedes Fahrzeug erhält eine solche Mischdüse, die, durch ein Zweigrohr von der Hauptleitung mit Dampf versorgt, durch alle Heizkörper des Fahrzeuges ein Gemisch von Luft und auf atmosphärischen Druck gedehnten Dampf umlaufen läßt. Abb. 35 u. 36 zeigen in einfachen Linien die allgemeine Anordnung des Heizkreislaufes an einem Abteilwagen.

Die Mischdüse (Abb. 37) enthält in einem gußeisernen Gehäuse ein einstellbares bügelförmiges Federrohr, dessen Spannweite sich unter dem Einfluß der Wärme verändert und das infolgedessen das Dampfeinlaßventil selbsttätig abschließt, sobald die Wärme einen bestimmten Grad erreicht hat.

Beim Beginn des Anheizens ist der wärmeempfindliche Federbügel kalt, mithin das Dampfeinlaßventil offen. Dampf von der Hauptleitung strömt durch das Ventil zum Sauger der Mischdüse, deren Saugraum

[1]) Revue générale des chemins de fer, Febr. 1907.

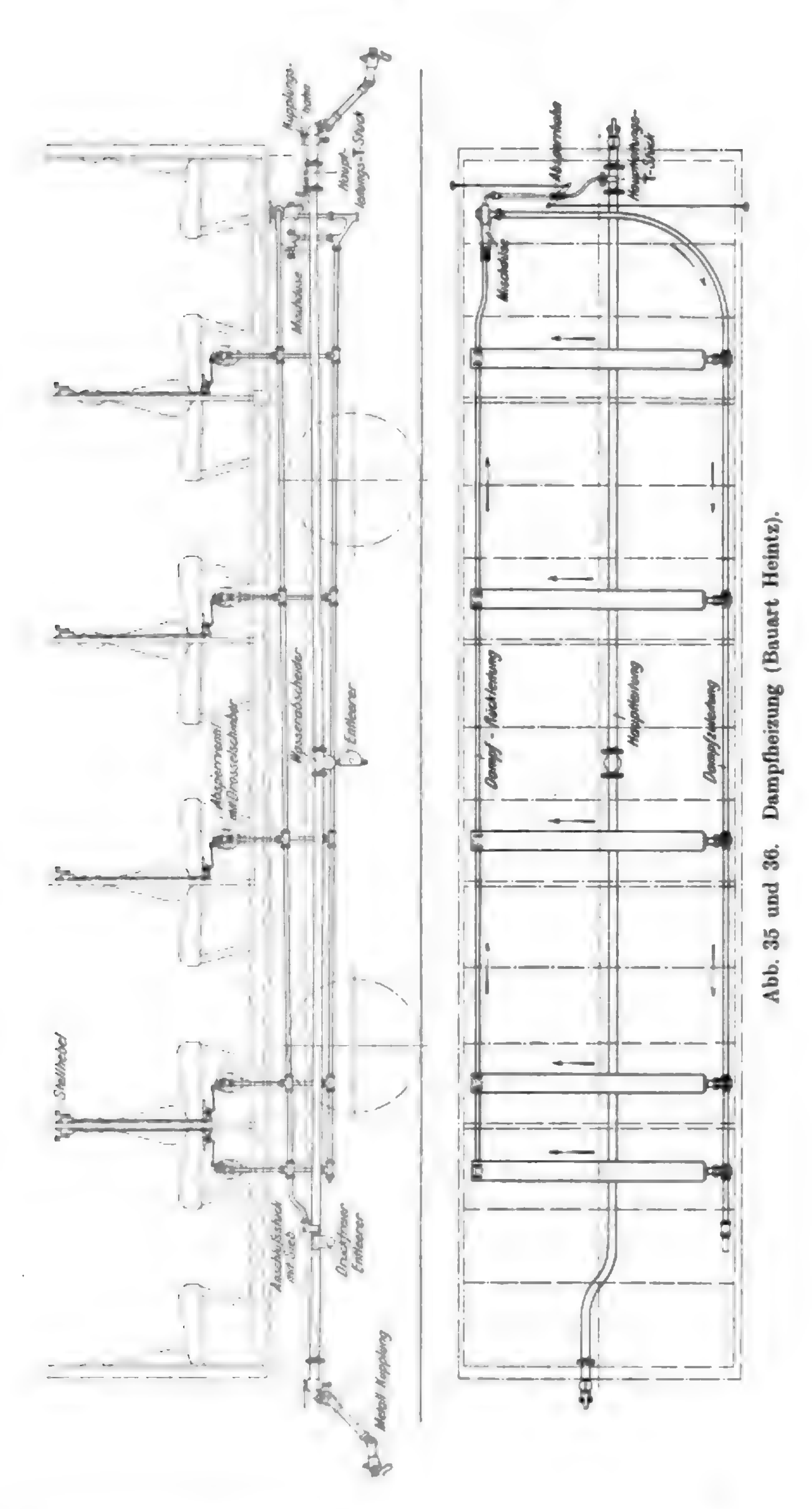


Abb. 35 und 36. Dampfheizung (Bauart Heintz).

einerseits mit der freien Luft, andererseits mit der Rückleitung des Heizdampfes in Verbindung steht. Hierbei mischt sich die angesaugte Luft innig mit dem durch die Düse strömenden Dampfe. Das Gemisch verbreitet sich in sämtliche an die Leitung angeschlossene Heizkörper und kehrt durch die Rückleitung zur Mischdüse zurück, wo es wieder angesaugt wird, um von neuem in den Heizkreislauf einzutreten.

Das Gehäuse der Mischdüse enthält eine Querwand, die den Federbügel vor der kühlenden Einwirkung der angesaugten Luft schützt. In-

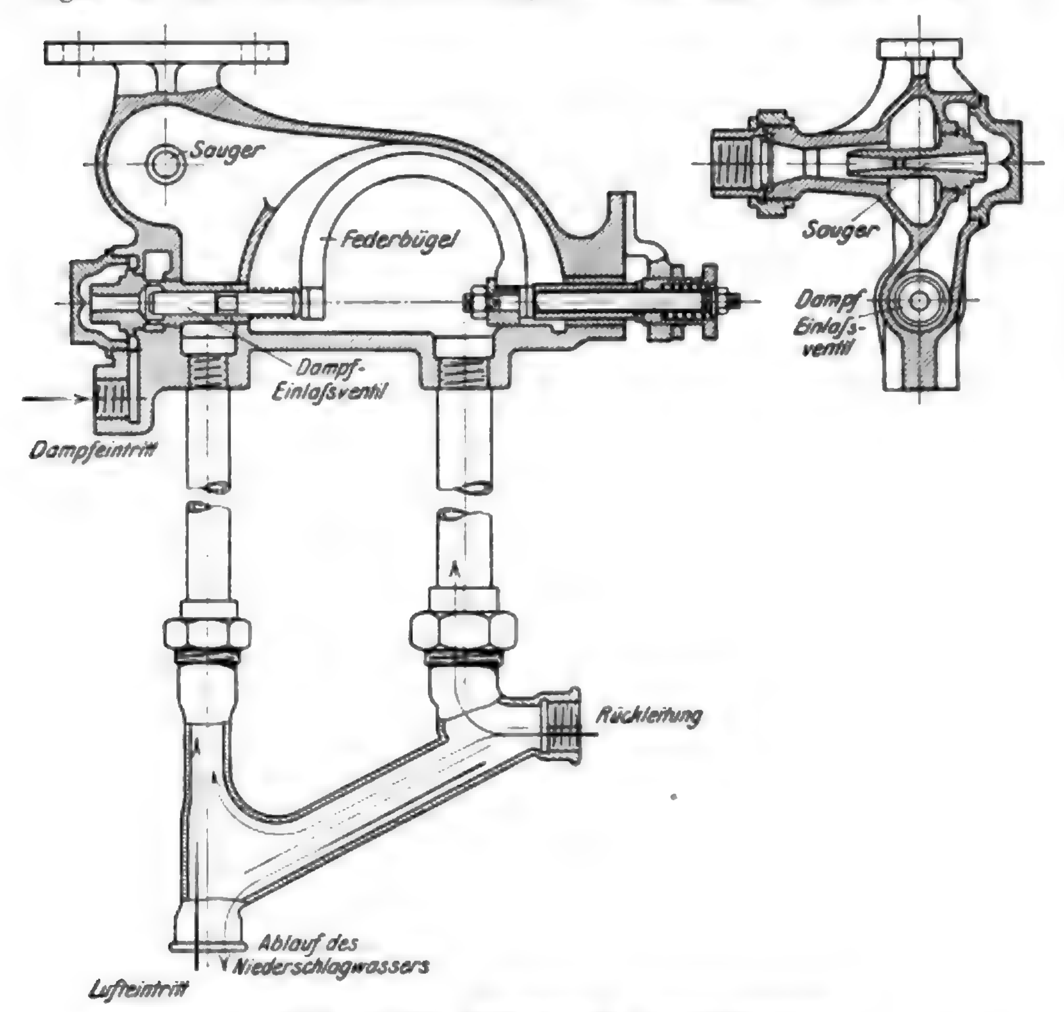


Abb. 37 und 38. Mischdüse der Dampfluftheizung.

folgedessen ist der Wärmegrad dieses Bügels annähernd gleich demjenigen des Dampfes beim Austritt aus den Heizkörpern, so daß die Bügelstellung allen Wärmeschwankungen in den zu heizenden Räumen folgt. Da das Gehäuse ferner gegen Strahlungsverluste geschützt ist, bietet diese Anordnung den Vorteil, daß Veränderungen in der Außenwärme den eingestellten Wärmegrad wenig beeinflussen können.

Die Rückleitung des Dampfes von den Heizkörpern endigt in dem durch Abb. 38 dargestellten Anschlußstück, von wo das zurückkehrende Gemisch aus Luft und Dampf sogleich durch das Bügelgehäuse zum Sauger zurückgelangt, während das Niederschlagwasser aus der mittleren Öffnung abfließt. Durch diese Öffnung wird gleichzeitig frische Luft an-

Digitized by Google

gesaugt, die alle dem Niederschlagwasser noch entsteigenden Dünste mitreißt und in den Heizkreislauf zurückführt.

Diese Anordnung hat zur Folge, daß der Wärmegrad des Federbügels stets mit dem des Dampfes am Ende des Heizkreislaufes übereinstimmt. Sobald dort die Wärme eine gewisse Höhe erreicht hat, wird das Dampfeinlaßventil selbsttätig geschlossen. Schlägt sich der im Rohrnetz verbleibende Dampf nieder, so würde eine Luftleere entstehen, die von der eintretenden Außenluft aber aufgehoben wird. Die kühlende Wirkung der frischen Luft sorgt außerdem für das rechtzeitige Wiederöffnen des Dampfventils.

Im gewöhnlichen Betriebe wird das Dampfeinlaßventil nie ganz geschlossen und der einmal eingestellte Wärmegrad bleibt mit ganz geringen Schwankungen erhalten. Wenn alle von einer Mischdüse gespeisten Heizkreise von den Reisenden durch Umlegen der Stellhebel in den Abteilen geschlossen sind, gelangt das gesamte Luft- und Dampfgemisch in das Gehäuse des Federbügels zurück und bewirkt alsbald das Schließen des Dampfeinlaßventils. Auf diese Weise wird jeder unnötige Dampfverbrauch vermieden.

Der nicht niedergeschlagene Dampf wird ebenso wie die warme, mit Dampf gesättigte Luft stets wieder angesaugt und durch den Sauger in den Kreislauf zurückgeführt, so daß niemals Heizdampf aus den Leitungen austritt. Infolgedessen wird mit Ausnahme der Wärme des abfließenden Niederschlagwassers die ganze Wärme des in den Heizkreis geschickten Dampfes, also dessen gesamte Verdampfungswärme, ausgenützt und damit der bestmögliche kalorische Wirkungsgrad erreicht.

Die Speiseleitung zur Mischdüse zweigt vermittels eines besonderen T-Stückes von der durch den ganzen Zug gehenden Hauptdampfleitung ab. Der Dampf wird am höchsten Punkte durch ein die Unreinigkeiten zurückhaltendes Sieb entnommen. Der in diese Zweigleitung eingeschaltete Absperrhahn (Abb. 35 und 36) ermöglicht es, die zugehörige Mischdüse und somit die Heizung eines Wagens für sich abzustellen.

Da die verschiedenen Heizkreise nach den einzelnen Heizkörpern ungleiche Wiederstände haben, werden für die kürzesten Heizkreise besondere Drosselwiderstände vorgeschaltet.

Den Reisenden sind besondere Absperrventile für die einzelnen Heizkörper zugänglich.

Zum Entfernen des Niederschlagwassers ist in der Hauptleitung jedes Wagens ein Wasserabscheider mit Entleerer vorgesehen. Der Abscheider bildet in der Leitung einen Wassersack, an den der mit Schutzsieb versehene selbsttätige Entleerer angeschraubt ist. Dieser Wasserabscheider wird grundsätzlich in der Mitte des Wagens derart angeordnet, daß die Hauptleitung von beiden Seiten nach dem Entleerer geneigt ist.

Am Ende der Dampfzuleitung zu den Heizkörpern ist ebenfalls ein selbsttätiger Wasserabscheider vorgesehen. Die verschiedenen Leitungen werden im allgemeinen mit einer Neigung von mindestens 1 : 100 verlegt; sie müssen so angeordnet sein, daß Luft und Wassersäcke unter allen Umständen vermieden werden.

Die Vorzüge dieser Heizungsart sind ähnlich der Niederdruckdampfheizung.

Die Heizkörper und ihre Dampfzu- und -ableitungen an den Fahr-

zeugen sind keinem inneren Überdruck unterworfen. Der Dampfverbrauch ist äußerst gering, da der gebrauchte Dampf stets in den Heizkreis zurücktritt und nur das Niederschlagwasser austreten läßt. Deshalb ist die Heizung langer Züge auch ohne Heizkesselwagen möglich. Die von den Heizkörpern abgegebene Wärme ist angenehm und mild, da sie nur 60 bis 100° C warm werden. Wichtig ist außerdem noch, daß der einmal eingestellte Wärmegrad selbsttätig erhalten bleibt und nicht von Außentemperatur und der Aufmerksamkeit der Zugmannschaft abhängt.

Wagen mit dieser Heintzschen Dampfheizung, die neuerdings von der Westinghouse-Eisenbahn-Bremsengesellschaft in Hannover in den Einzelteilen weiter vervollkommnet worden ist, können auch ohne Schwierigkeiten in jeden Zug mit Dampfheizung eingestellt werden. In Anwendung ist die Heizung auf der Französischen Südbahn, Paris-Lyon-Mittelmeerbahn, der Französischen Staatsbahn, ferner auf italienischen, belgischen, englischen Bahnen.

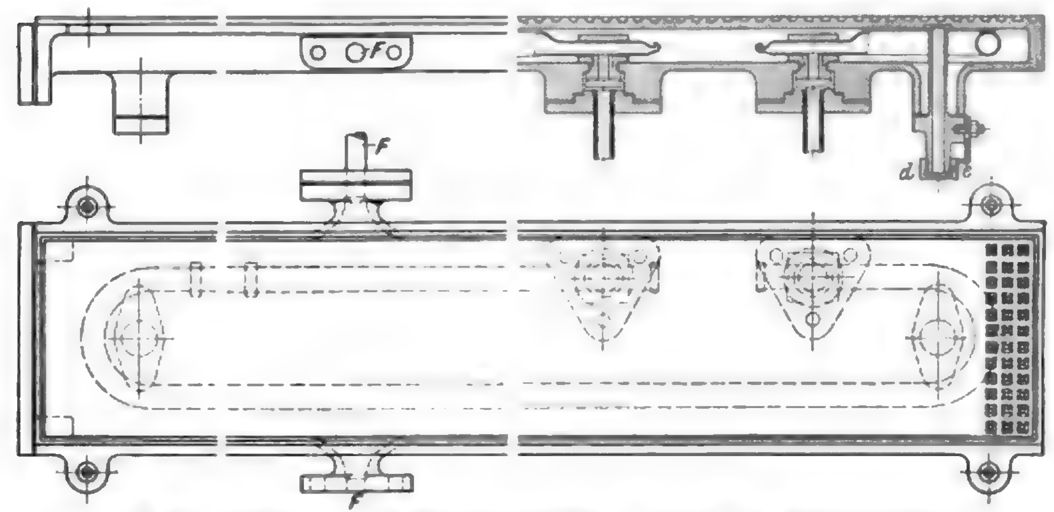


Abb. 39. Heizkörper mit Chlorkalziumfüllung (Paris-Lyon-Mittelmeerbahn).

9. Dampfheizung mit Wärmeaufspeicherung.

Bei der Dampfheizung mit Wärmeaufspeicherung wird der Dampf nicht nur als direktes Heizungsmittel verwendet, sondern er dient in erster Linie dazu, seine Wärme an besondere Körper bzw. Flüssigkeiten abzugeben, die dann langsam die in sich aufgenommene Wärme zurückgeben.

Die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn[1]) führt folgende nach ihr benannte Heizungsart aus:

Von der in ganzer Länge des Zuges unter den Wagen entlang laufenden Hauptleitung zweigen Einzelleitungen zu einem jeden zwischen den Bänken im Fußboden liegenden Heizkörper ab. Nachdem der Dampfdruck stark abgedrosselt ist, strömt er in eine U- oder C-förmig gebogene Rohrschlange, die in einem Bade von Chlorkalzium von 30° Baumé liegt, gibt die Wärme an die Lösung ab und entweicht ins Freie.

Die Heizkörper sind in Abb. 39 dargestellt. Sie sind an den Seiten mit Anschlüssen versehen, die miteinander verbunden, wenn sich bei der

[1]) Revue générale des chemins de fer, Aug. 1898.

Digitized by Google

Erwärmung durch das Dampfrohr die Chlorkalziumlösung ausdehnt, diese zu einem Expansionsgefäß führen, von wo aus auch das Füllen der Heizanlage vorgenommen wird.

Als Wasserableiter ist die Bauart Heintz in Anwendung.

Um einen Übergang dieser Wagen auf schweizerische, deutsche und italienische Strecken zu ermöglichen, sind die Hauptleitungen von 54 mm lichte Weite an den Enden gegabelt; der eine Ast trägt den in den T. V. vorgesehenen Kopf, während der andere die metallische Kupplung der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn trägt, die sich mit anderen französischen Bahnen kuppeln läßt.

Die Heberlein G. m. b. H. London-Berlin führt folgende Einrichtung aus, die auf englischen Bahnen vielfach in Gebrauch ist.

Der Heizkörper besteht aus zwei ineinander liegenden zylindrischen Röhren, von denen die innere mit einer Lösung von essigsaurem Natron teilweise gefüllt ist (siehe Abb. 40). Der ringförmige Raum zwischen dem inneren und äußeren Rohr steht mit der Dampfleitung in Verbindung. Der Dampf wird durch ein regulierbares Reduktionsventil auf die gewünschte Spannung gebracht, umspült das innere Rohr und gibt einen Teil seiner Wärme an das äußere Rohr zur unmittelbaren Heizung des

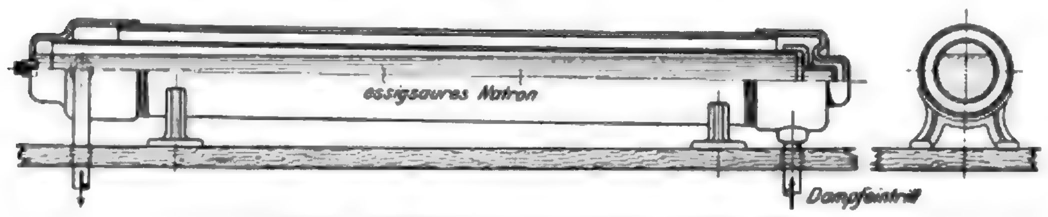


Abb. 40. Heizkörper der Heberlein Gesellschaft.

Abteiles ab, während der andere Teil der Wärme in der Natronlösung im inneren Zylinder aufgespeichert wird. Die Natronlösung wirkt also als Wärmespeicher; die gewünschte Temperatur soll dadurch vier bis fünf Stunden, nachdem der Dampf abgesperrt ist, noch gleichmäßig aufrecht erhalten werden. Die Wärmeregelung bzw. Absperrung erfolgt durch beliebig einstellbare und voneinander unabhängige Ventile auf der Lokomotive und im Zugführerabteil. Die Zeit des Aufenthaltes auf den Stationen wird gewöhnlich zum Heizen bzw. Nachheizen ausgenützt; während der Fahrt ist der Heizdampf meist abgesperrt. Die übrigen Bestandteile sind im wesentlichen dieselben wie bei anderen Dampfheizungen. Die Heizkörper liegen unter den Sitzen.

β) Elektrische Heizung.

In einem elektrischen Ofen wird die gesamte eingeleitete elektrische Energie in Wärme verwandelt, und zwar gibt jede Kilowattstunde etwa 860 Wärmeeinheiten ab. Der Nutzeffekt ist annähernd gleich 100 vom Hundert, wenn man von dem verhältnismäßig geringen Verlust in den Zuleitungen absieht. Daß trotzdem die elektrische Heizung nur vereinzelt und dann nur bei elektrisch betriebenen Bahnen zur Anwendung gelangt, kommt daher, daß die Wärmeabgabe anderer Heizstoffe wirtschaftlicher ist, und daß die Kosten für den elektrischen Strom den anderen Heizarten gegenüber noch außerordentlich hoch sind. Selbst für Wagen, die elektrisch

beleuchtet, aber durch andere Kraft bewegt werden, ist die elektrische Heizung unwirtschaftlich.

Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn der Betriebsstrom den Wagen durch eine besondere Leitung zugeführt wird und wenn es möglich ist, die Widerstände des Motors als Heizkörper einzurichten und auf diese Weise die sonst in den Widerständen verlorene Arbeit auszunutzen.

Auf der Hamburger Vorortbahn Blankenese-Ohlsdorf sind von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin Heizkörper nach Abb. 41 ausgeführt. Jedes Abteil enthält deren zwei, und zwar einen 1 Kilowatt- und einen 2 Kilowatt-Heizkörper, die in ihren Abmessungen dem vorhandenen Raum unter den Bänken angepaßt sind.

Abb. 41. Elektrischer Heizkörper (A. E. G.).

Die Heizkörper sind vollkommen geschlossen und mit Wellblech umgeben, wodurch sie gegen Berührung und Staubablagerung geschützt sind. Durch Einschalten eines 1 Kilowatt-Heizkörpers allein, oder des 2 Kilowatt-Heizkörpers oder beider zusammen erhält man drei Heizstufen.

Von den Siemens-Schuckert-Werken ist auf der Berliner Hochbahn, den Cölner Stadt- und Vorortbahnen und mehreren anderen Bahnen die auf Abb. 42 dargestellte Anordnung ausgeführt.

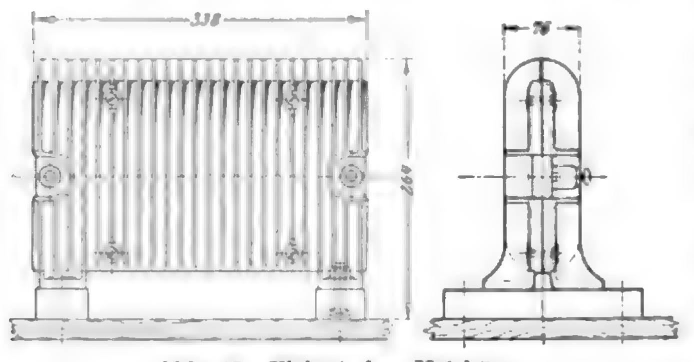


Abb. 42. Elektrischer Heizkörper (Siemens Schuckert-Werke).

Als stromführender Teil des Heizkörpers dient ein Widerstandsdraht, welcher in Schraubengängen auf eine geriffelte Platte aus isolierendem, hitzebeständigem Material aufgewickelt ist. Diese Platte ist dann beiderseits mit einer Isolierschicht von Glimmer und Asbest bedeckt und von einem zweiteiligen gußeisernen Gehäuse umgeben, welches zur leichten Abführung der Wärme und zur Vergrößerung der Ausstrahlungsfläche mit einer großen Anzahl Heizrippen versehen ist. Die Anwendung der Heizrippen bewirkt eine günstige Ausnutzung der elektrischen Energie bei geringem Raumbedarf, ohne daß die Temperaturerhöhung des Körpers selbst eine übermäßig hohe wird; auch wird dadurch gleichzeitig vermieden, daß der sich auf dem Heizkörper ablagernde Staub zum Verkohlen kommt und durch den Geruch den Fahrgästen lästig wird. Der Heizkörper ist so gedrängt gebaut, daß die Unterbringung unter den Sitzen des Wagens leicht möglich ist.

Digitized by Google

Für die gebräuchlichsten Spannungen von 500 bis 550 Volt wird die Wickelung der Heizkörper gewöhnlich so eingerichtet, daß je zwei Heizkörper in Hintereinanderschaltung benutzt werden. Eine Regelung der Heizwirkung kann durch Änderung der Anzahl der eingeschalteten Stromkreise erzielt werden.

Ein Schaltungsbild, das die einzelnen abschaltbaren Stromkreise und die Verteilung der Heizkörper im Wagen erkennen läßt, zeigt Abb. 43.

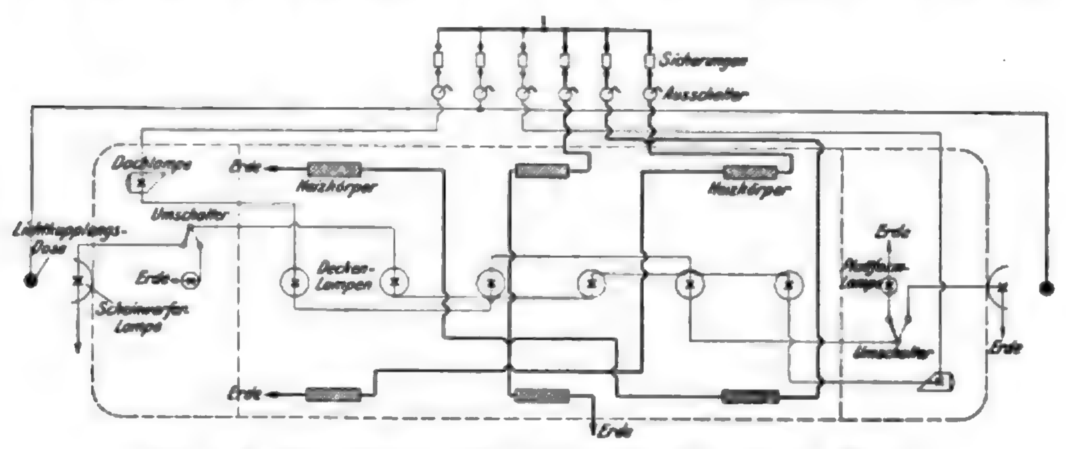


Abb. 43. Heizkörper-Schaltung in elektrisch betriebenen Wagen.

Abb. 44 stellt die Anordnung unter den Bänken dar, wie sie vielfach auf amerikanischen Bahnen in Anwendung ist.

Auf den oberschlesischen Kleinbahnen sind Heizkörper aus Nickelindraht in Anwendung, der auf Tonrohre aufgewickelt und mit einem Gemisch von Asbestmehl und Wasserglas bestrichen wurde.

Der Vergleich zwischen der Brikett- (Glühstoff-) und der elektrischen Heizung ergab hier, daß unter Innehaltung der ungefähr gleichen Wagentemperatur sich die Kosten bei sechzehn Stunden Betriebszeit und bei einem Brikettpreise von acht Pfennig für das Stück und einem Preise von zehn Pfennig für die Kilowattstunde etwa wie 1·3 zu 3·5 verhielten. Die elektrische Heizung fängt eben erst bei einem sehr geringen Strompreise an wirtschaftlich zu werden.

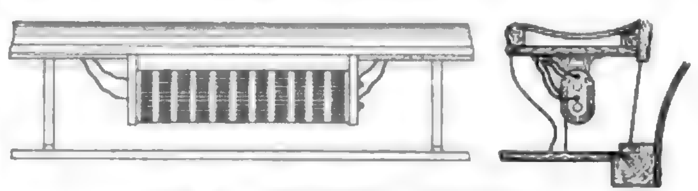


Abb. 44. Elektrischer Heizkörper.

Im allgemeinen kann mit einem Verbrauch von etwa 4·5 Watt für jeden Kubikmeter Luftraum der Wagen und jeden Grad gerechnet werden, um den die Innentemperatur über die Außentemperatur erhöht gehalten werden soll; dabei ist der Energieverbrauch natürlich von der Bauart der Wagen und weiter davon abhängig, wie häufig und wie lange die Türen im Betrieb geöffnet werden.

Als Vorteile der elektrischen Heizung sind zu erwähnen, daß keine Wartung erforderlich ist, daß jede Rauch- und Rußbelästigung fortfällt und daß schließlich Brand- und Explosionsgefahr gering sind.

Für Klein- und Nebenbahnen mit beschränkten Mitteln sind die Be-

Digitized by Google

dingungen, die an die Heizung gestellt werden, noch weitgehender wie für Vollbahnen.

Es darf die Einrichtung und Unterhaltung nicht zu teuer und das Gewicht nur gering sein, um nicht das Zuggewicht für die oft großen Steigungen zu stark zu vermehren. Eine Erwärmung bzw. Nachfeuerung kann nur auf den Endstationen erfolgen, weil eine durchlaufende Leitung von der Lokomotive zu den Personenwagen infolge der Zusammensetzung der meist gemischten Züge und infolge der häufigen Rangierbewegungen störend wirkt. Die Handhabung muß von den gewöhnlichen Zugbegleitern ausgeführt werden können, und eine schnelle Wiedererwärmung an den Endstationen wegen der kurzen Ruhepausen sich ermöglichen lassen.

Die Wärmflaschen sind umständlich und wenig wirksam; ihre Unterhaltung und Beschaffung ist teuer und die Zeit der Wiedererwärmung, sowie die Mannschaften zur Umwechslung in der Regel nicht vorhanden.

Gußeiserne Öfen sind sehr feuergefährlich und nur zur Erwärmung größerer Abteile brauchbar; dagegen hat die Glühstoff- bzw. Preßkohlenheizung eine sehr ausgedehnte Verwendung trotz der Feuersgefahr gefunden.

Auch die Heißwasserheizung wird vereinzelt, besonders in Amerika in einfachster Form angewandt. Abb. 45 stellt die Anordnung von Gold dar.

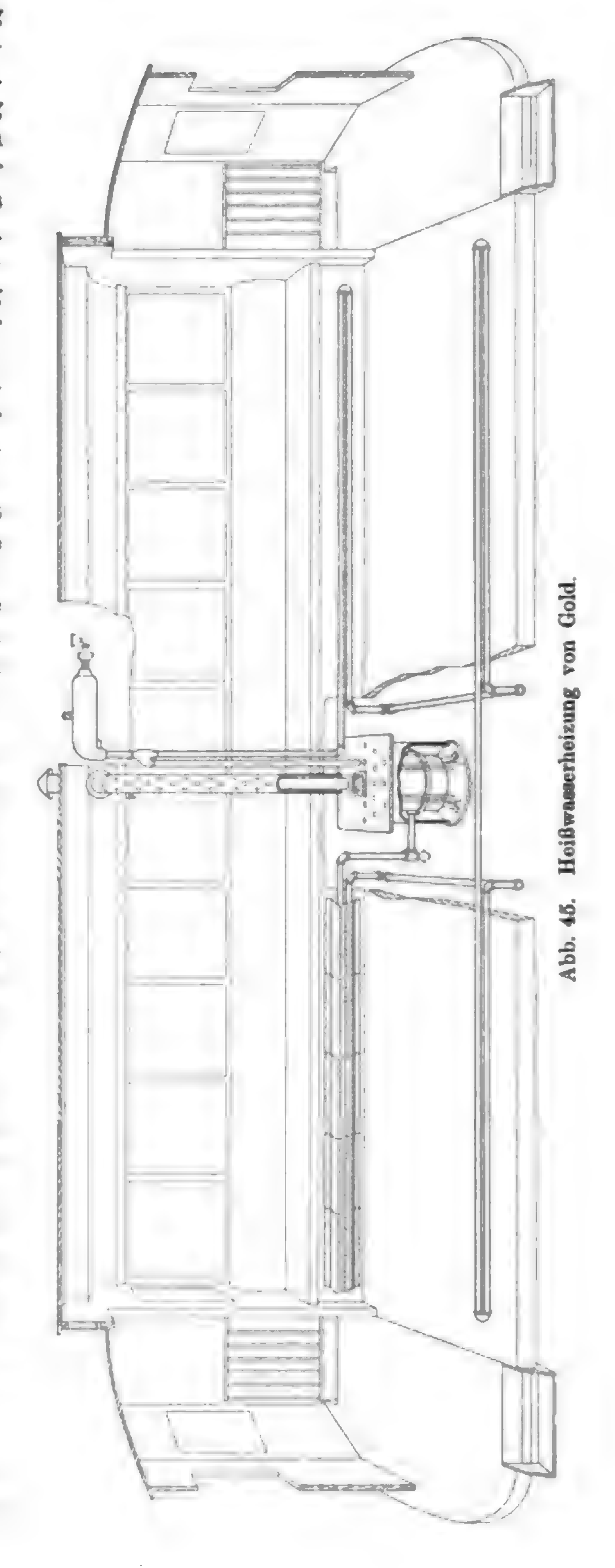


Abb. 45. Heißwasserheizung von Gold.

Direkte Dampfheizung kann für derartige Bahnen häufig deshalb nicht in Frage kommen, weil die auf den einzelnen Stationen vorzunehmenden Rangierbewegungen durch die notwendigen Kupplungen sehr verzögert werden und die Wagen bestimmt zu ordnen sind, da man etwa zwischen Lokomotive und Personenwagen laufende Güterwagen nicht auch mit Heizleitungen ausrüsten kann.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der erwähnten Heizung mit Wärmeaufspeicherung und Dampfdrosselung, weil die Zeit zum Wiederanwärmen nicht vorhanden ist und die Wärmeabgabe nicht genügend lange vorhält.

In neuerer Zeit ist deshalb auf französischen Nebenbahnen[1]) eine Heizungsart in Aufnahme gekommen, die sich für die vorliegenden Zwecke besonders gut eignen soll.

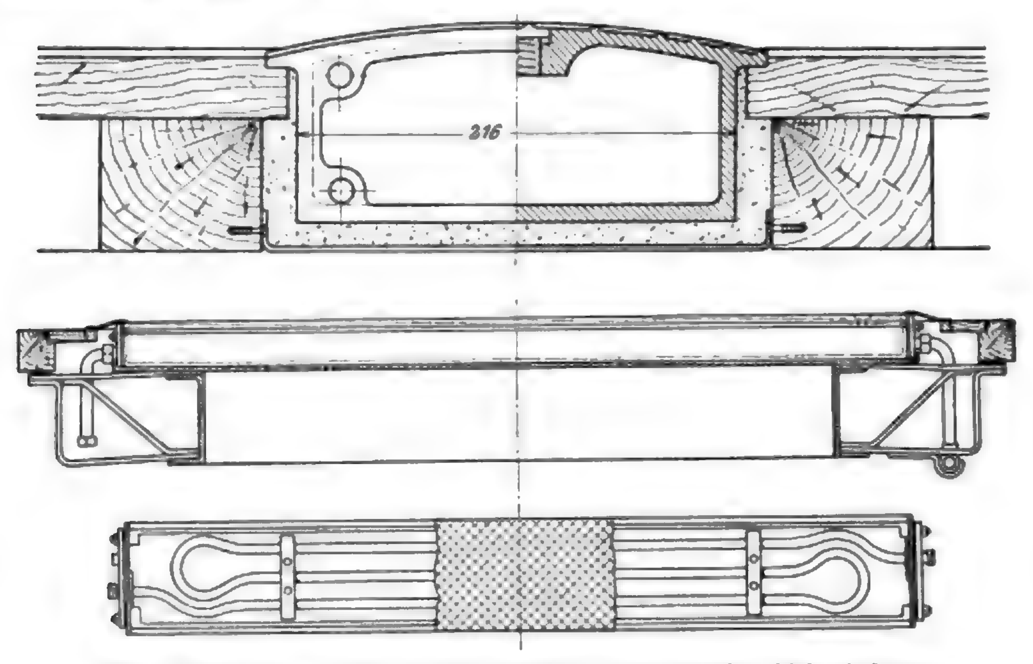


Abb. 46 und 47. Anordnung der Heizkörper französischer Nebenbahnen.

Zu der Einrichtung gehören der Dampfentnahmehahn auf der Lokomotive, eine Hauptdampfleitung unter den zu heizenden Wagen, Heizkörper, die gewöhnlich im Fußboden eingelassen sind und von Rohrschlangen durchzogen werden und ein Metallschlauch, der die Wiedererwärmung des Zuges durch eine auf dem Nebengleis stehende Lokomotive ermöglicht, wenn sich Güterwagen zwischen Lokomotive und den Personenwagen befinden.

Die Dampfentnahme findet durch ein besonderes Ventil oder den Pulsometerstutzen statt. Der Leitungsdruck ist gleich dem Kesseldruck (von 8 bis 10 kg). Jeder Personenwagen trägt an seinen Stirnseiten eine Metallkupplung, die etwa benachbarte Wagen verbindet. Diese Kupplungen geben zwar zu zahlreichen Undichtigkeiten Veranlassung, haben aber im Gegensatz zu Gummischläuchen, die dem hohen Dampfdruck niemals standhalten, eine sehr große Lebensdauer. Von der Hauptdampfleitung führen Abzweigrohre zu den gußeisernen Heizkörpern, die im Fuß-

[1]) Revue générale des chemins de fer 1906, S. 293.

Digitized by Google

boden liegen und gegen Wärmestrahlung nach außen gut geschützt sind (siehe Abb. 46 und 47).

In ihnen liegen kupferne Heizschlangen, die an dem einen Ende mit der Hauptdampfleitung verbunden sind und an dem anderen freien Ende einen Rohrverschluß tragen, der nur eine 2 mm große Austrittsöffnung frei läßt, aus der Dampf und Niederschlagwasser frei entweichen.

Der Inhalt der Heizkörper, die zu $^6/_7$ mit Wasser gefüllt sind, beträgt etwa 21 Liter. Da beim Anheizen infolge der Temperatur des durchgeleiteten Dampfes von 180° C eine Dampfentwicklung im Heizkörper eintreten kann, der dieser nicht standhält, so ist ein Sicherheitsventil vorgesehen. Die hierdurch entstehenden kleinen Verluste an Heizwasser werden durch das Zugpersonal zwei- oder dreimal wöchentlich durch Nachfüllen wieder ersetzt.

Das heiße Wasser im Heizkörper hält die Temperatur im Wagen während 2 bis 3 Stunden auf genügender Höhe, das Wiedererwärmen dauert nur wenige Minuten nach Verbindung mit der Lokomotive.

2. Heizung der Güterwagen.

Güterwagen sind nur selten und dann meistens als Spezialwagen mit festen Heizeinrichtungen versehen. Es sind die bei den Personenwagen

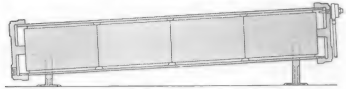


Abb. 48. Heizkörper von Gold.

besprochenen Ausführungen in einfachster Weise in Anwendung, da die Innenwärme im allgemeinen nur die im Wagen befindlichen Güter vor Frost schützen soll.

Wärmflaschen nach Art der schon besprochenen Bauart, häufig mit essigsaurem Natron gefüllt, werden in die Güterwagen gelegt und halten die Innenwärme des Wagens für eine nicht zu lange Fahrt auf mäßiger, doch genügender Höhe.

Abb. 48 stellt einen zylindrischen Heizkörper der „Gold Car Heating and Lighting Company" dar, wie er in Amerika, wo die Heizung der Güterwagen häufiger als hier bei der Beförderung von Früchten, Gemüse u. dgl. gefunden wird, in Anwendung ist. Der Heizkörper besteht aus einem eisernen Mantel, der ringförmige Körper aus gebranntem Ton enthält. Die Erwärmung erfolgt durch Dampf, der den Heizkörpern von der Lokomotive oder aus festen Kesselanlagen der Ladeschuppen für Früchte zugeführt wird. Die aufgenommene Wärme soll bei Anwendung von zwei Heizkörpern etwa 24 Stunden zur Erwärmung des Wagens genügen.

Abb. 49 bringt die Luftheizung eines Biertransportwagens zur Darstellung, wie sie in neuerer Zeit auch für Wagen zu ähnlichen Zwecken von der Breslauer Aktiengesellschaft für Eisenbahn-Wagenbau ausgeführt wird.

Digitized by Google

Der Heizkasten, in den die Preßkohlen eingeschoben werden, befindet sich unter dem Wagen. Die kalte Luft wird unten, dicht über dem Fußboden, dem Wagen entnommen und steigt, den Heizkasten umspülend, angewärmt durch den Schacht *H* nach oben, wo sie dann in den Wagenraum austritt.

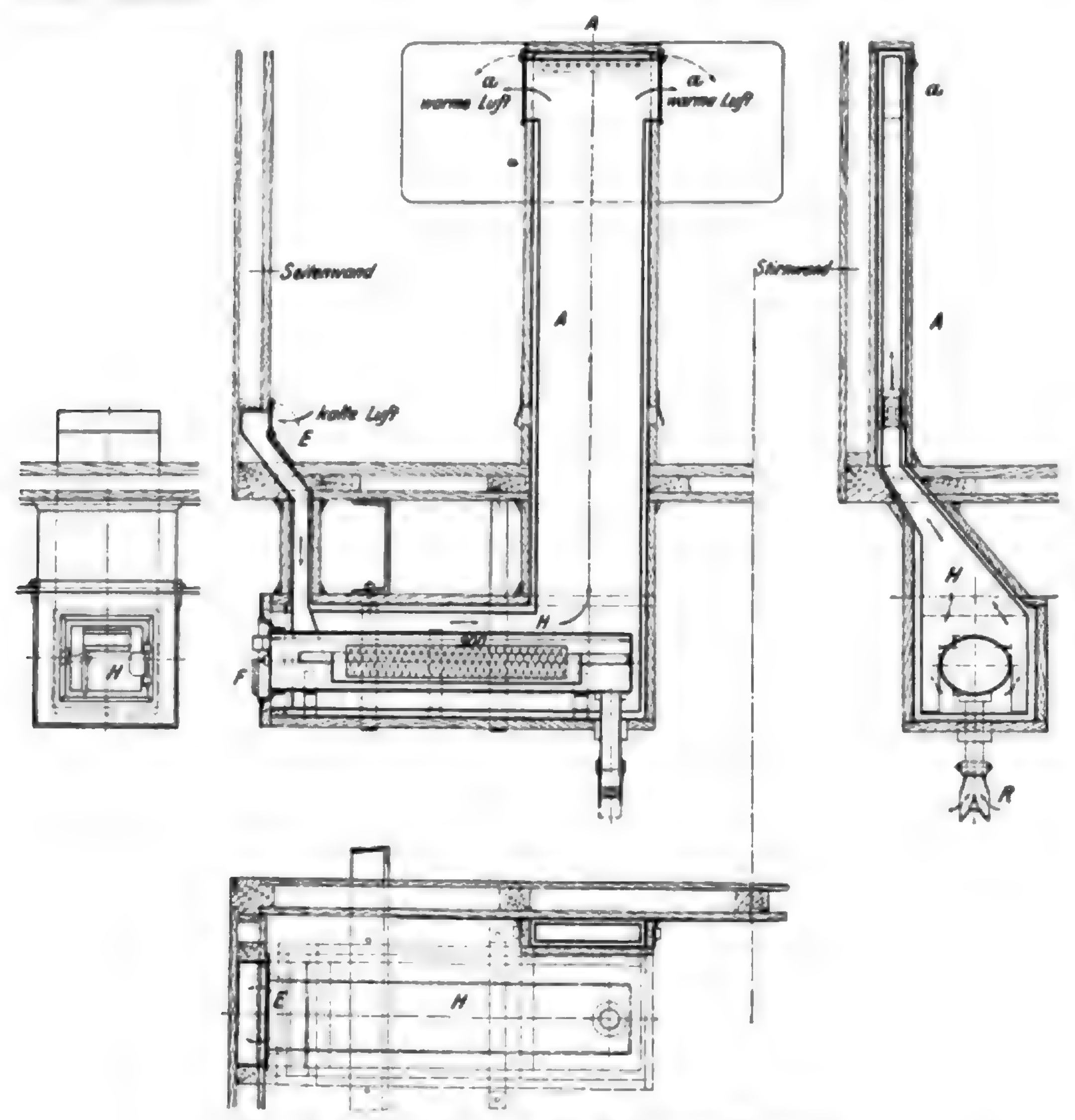


Abb. 49. Warmluftheizung für Biertransportwagen.

Auf den Bayerischen Staatsbahnen sind zu demselben Zweck Wagen mit Ölgasheizung von Riedinger[1]) in Anwendung. Auf amerikanischen Bahnen werden häufig auch Erdölöfen verwendet.

Zur Erwärmung von Flüssigkeiten in Zisternenwagen werden gewöhnlich Rohrschlangen in die Behälter gelegt. Abb. 50 stellt eine von der Nesselsdorfer Wagenbau-Fabriks-Gesellschaft ausgeführte Einrichtung dar.

Betriebsregeln für die Heizung der Züge.

Die Untersuchung und Instandsetzung der Heizeinrichtungen — Kessel, Leitungen, Heizkörper, Kupplungen — wird durch die Eisen-

[1]) Eisenbahntechn. der Gegenwart, Bd. I, S. 594.

bahnwerkstätten vorgenommen, und zwar außer bei der bahnamtlichen Untersuchung in der Regel während des Sommers. Die Prüfung der

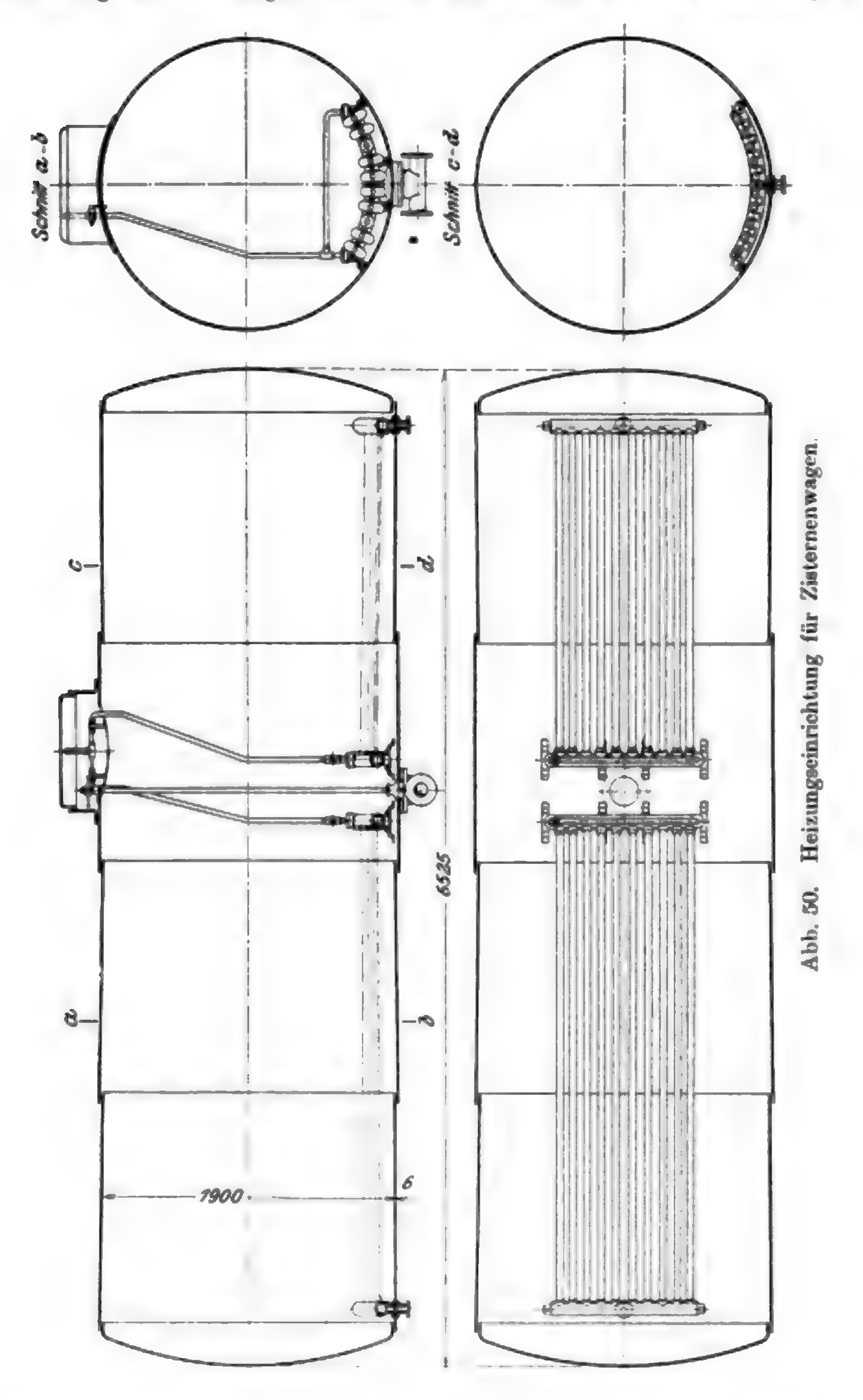


Abb. 50. Heizungseinrichtung für Zisternenwagen.

Dampfheizeinrichtungen erfolgt dabei mit dem erhöhten Druck von etwa 6 at.

Rechtzeitig vor Eintritt der kalten Witterung sind dann die Eisenbahnzüge so auszurüsten, daß jederzeit geheizt werden kann. Nach den Be-

Digitized by Google

schlüssen der Wagenbeistellungskonferenz in Colmar (November 1904) ist die Zeit vom 15. September bis 15. Mai als Heizzeit anzusehen.

Die Wärme in den einzelnen Abteilen muß vor Abgang des Zuges etwa 12 bis 15° C betragen; es muß deshalb ein Vorheizen der Züge vor der Abfahrt vorgenommen werden. Die Zeit für Vorheizen ist abhängig von der Art der Heizung, der Außentemperatur und davon, ob die Aufstellung der Wagen im Freien oder in geheizten Hallen erfolgt. Bei der Dampfheizung sind nach Reinigung und guter Lüftung der Abteile bei strenger Kälte bis zu zwei Stunden erforderlich. Das Vorheizen wird entweder von der Zuglokomotive, den Heizkesselwagen oder besser von stationären Dampfanlagen bewirkt, von denen Leitungen zu den Aufstellungsgleisen führen, die dann mit den Heizkupplungen nach Art der Hydranten verbunden worden. Durch gleichzeitiges Zuführen des Dampfes von beiden Zugenden oder von der Mitte wird die Vorheizdauer entsprechend gekürzt.

Das Anheizen der Öfen und der Preßkohlenfeuerung hat etwa eine Stunde vor Abgang des Zuges zu erfolgen; für Luftheizungsöfen sind mindestens zwei Stunden Vorheizdauer erforderlich. Durch Nachlegen von Kohlen bzw. Preßsteinen ist auf den Zwischenstationen für Aufrechterhaltung der nötigen Wärme in den Abteilen zu sorgen.

Innen- und Außentemperaturen werden gewöhnlich durch dem Dienstpersonal beigegebene Thermometer festgestellt, das danach eine Regelung zu bewirken hat. In der Schweiz, z. T. in Österreich usw. sind die einzelnen Abteile mit je einem besonderen Thermometer ausgerüstet.

Es hat sich bewährt, die Einstellung der Heizung, wenn tunlich, den Reisenden zu überlassen. Bei Anwendung der vereinigten Hoch- und Niederdruckheizung wird die schnellwirkende Hochdruckheizung durch die Reisenden, die Niederdruckdampfheizung durch die Zugmannschaft geregelt.

Störungen der Dampfheizeinrichtungen durch starken Frost werden durch Ablassen des Niederschlagwassers auf den Zwischenstationen vermieden. Gut bewährt haben sich Hähne mit Ringnut, die niemals vollständig geschlossen werden können oder Ablaßventile nach Abb. 26. Das Auftauen etwa eingefrorener Entwässerungsröhrchen u. dgl. geschieht mit Fackeln, Gas- oder Lötflammen.

3. Lüftung der Eisenbahnwagen.

Regelmäßiger Luftwechsel ist für Eisenbahnpersonenwagen Bedingung, weil die durch Ausatmung und Ausdünstung der Fahrgäste hervorgerufenen Ausscheidungen (Wasserdampf und Kohlensäure), die im Sommer von dem Dache und den Wänden, im Winter von der Heizung ausgestrahlte Wärme und die infolge mechanischer oder chemischer Prozesse bewirkte Beimengung von Staub, Rauch und Gasen den Aufenthalt in den Wagen unerträglich machen würden.

Eine gute Lüftung, die deshalb für das Wohlbefinden der Reisenden von größter Bedeutung ist, hat im allgemeinen die folgenden Bedingungen zu erfüllen:

1. Die Luft muß der Besetzung der Abteile entsprechend ausreichend erneuert werden können;
2. Zugluft muß vermieden werden; die Fahrgäste dürfen durch den eintretenden Luftstrom nicht belästigt werden;

3. frisch eingeführte Luft muß rein und frei von Rauch, Ruß und Staub sein und im Winter vorgewärmt werden;
4. die Lüftung muß regelbar und unabhängig vom Wetter, von der Außenluft und der Bewegung des Wagens befähigt sein, auch im Sommer eine bestimmte Temperatur im Innern des Wagens zu halten;
5. die Kosten für Anlage und Betrieb der Lüftungseinrichtungen müssen in wirtschaftlichen Grenzen liegen.

Eine allen diesen Bedingungen entsprechende Lüftung ist bisher noch nicht ersonnen und wird auch kaum herzustellen sein, weil sehr bedeutende Schwierigkeiten zu überwinden sind. Die Räume sind im Verhältnis zu Wohnräumen und zu der Anzahl der sich darin aufhaltenden Menschen außerordentlich klein und niedrig. Man findet als Durchschnittswerte für einen Platz nur etwa folgende Luftmengen:

in	I. Klasse	1·9	bis	2·3	cbm
„	II. „	1·3	„	1·5	„
„	III. „	0·8	„	1·0	„

Nach Rietschel ergibt sich, daß bei 1 cbm Luft für den Kopf unter Berücksichtigung eines gesundheitlich noch zulässigen Kohlensäuregehaltes von 1·5 °/₀₀ bei einer stündlichen Abgabe des Menschen von etwa 0·018 cbm Kohlensäure schon ein siebzehnfacher Luftwechsel stündlich erforderlich wäre. Nach den für Aufenthaltsräume geltenden Regeln wäre eine noch größere, etwa dreißigfache Lufterneuerung notwendig.

Eine derartige Anzahl von Luftwechseln wie die letztere ist aber bei Eisenbahnfahrzeugen kaum möglich, weil die Fahrgäste durch den eingeführten Luftstrom nicht belästigt werden dürfen, und weil die neu zugeführte Luft im Winter vorgewärmt werden muß, also eine außerordentlich große Heizungsanlage verlangt. Auch ist die Reinigung der den Abteilen zuzuführenden Luft schwierig, weil die den Zug umgebende Luftschicht durch aufgewirbelten Staub, Rauch und Ruß stark verunreinigt und eine Entnahme der Luft vor der Lokomotive wegen der notwendigen Kupplungen zwischen den Fahrzeugen nicht angängig ist.

Begünstigt wird die Lufterneuerung dagegen durch die freiwillige Ventilation, die ihren Grund in dem Temperatur- und Geschwindigkeitsunterschied zwischen innerer und äußerer Luft hat. Die verbrauchte Luft strömt in der Höhe durch alle natürlichen und künstlichen Öffnungen ab und wird von unten durch in Spalten und bei sonstigen Undichtheiten wiedereintretende Luft ersetzt. Bei gut ausgeführten Wagen darf eine derartige Lufterneuerung aber nur gering sein, weil sie nicht regelbar ist und infolge eintretenden Staubes zu einer Belästigung der Reisenden führen kann.

Es ist deshalb erforderlich, der abziehenden bzw. eintretenden Luft bestimmte Wege durch besondere Lüftungseinrichtungen vorzuschreiben.

Man unterscheidet:

a) natürliche Lüftung;
b) künstliche Lüftung.

a) Die natürliche Lüftung.

Die natürliche Lüftung ist allgemein in Anwendung. Sie kann am einfachsten bewirkt werden durch das Öffnen von Fenstern und Türen

Digitized by Google

oder durch das Freilegen von durch Klappen oder Schieber verschließbaren Öffnungen. Infolge der entstehenden Zugluft und des Eindringens von Staub, Ruß, Rauch und Regen ist sie nur in beschränktem Maße möglich.

Sehr häufig angewendet werden verstellbare Lüftungsschieber oder Klappen über den Türen und Fenstern bzw. an den Seitenwänden des das Dach überragenden Oberlichtaufbaues. Abb. 51 zeigt die Anordnung

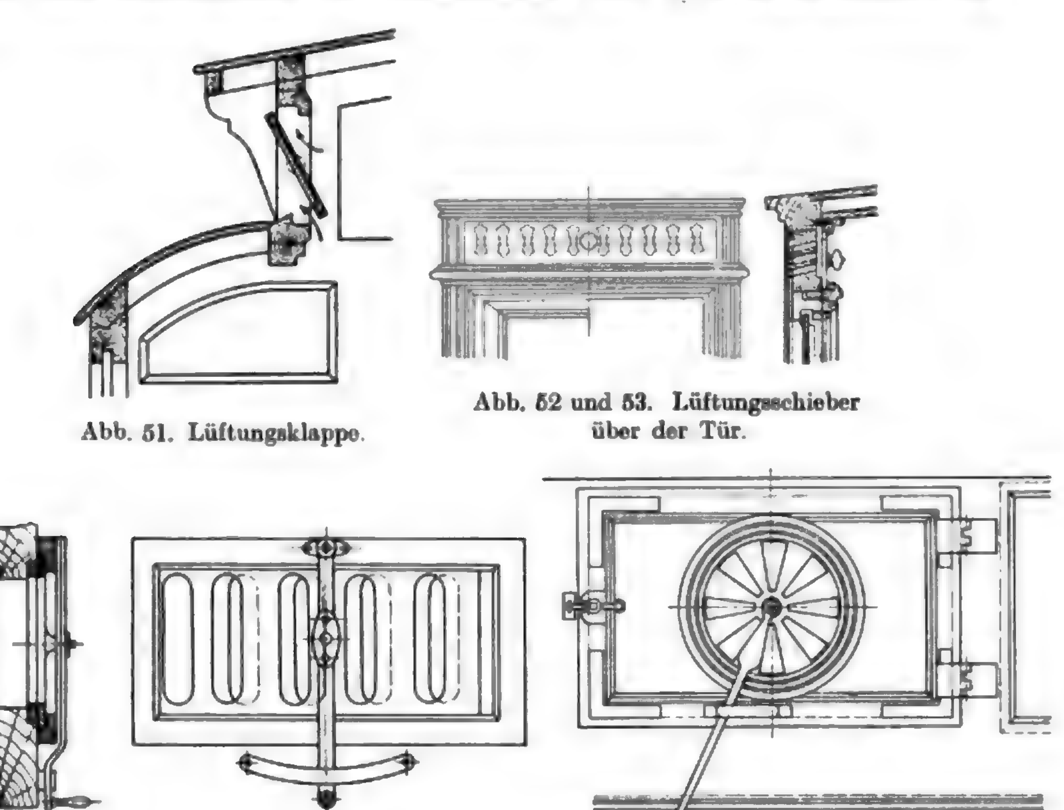


Abb. 51. Lüftungsklappe.

Abb. 52 und 53. Lüftungsschieber über der Tür.

Abb. 54 und 55. Lüftungsschieber im Oberlichtaufbau.

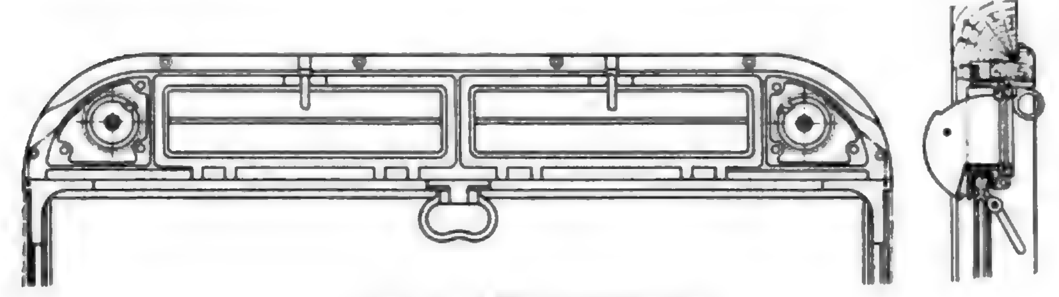


Abb. 56. Lüftungsklappfenster.

einer um eine horizontale Achse drehbaren Klappe. Abb. 52 bis 55 bringen Anordnungen der Schieber über den Fenstern bzw. an den Seitenwänden des Lüftungsaufsatzes zur Darstellung.

Zweckmäßig und in neuerer Zeit viel angewendet sind schmale Klappfenster über den Seitenfenstern (Abb. 56), weil sie eine gute Luftzuführung ohne zu starke Belästigung der Reisenden gestatten und sich in einer Höhenlage befinden, in der die Außenluft am wenigsten durch Staub und Ruß verunreinigt ist.

Digitized by Google

Ein wirklich guter Luftwechsel wird aber durch derartige Einrichtungen kaum bewirkt, weil sie, von Wind und Wetter abhängig, in der Regel nur ein Zuführen frischer, aber kein Absaugen verbrauchter Luft bewirken.

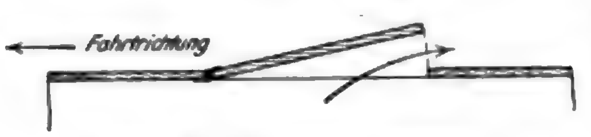


Abb. 57. Lüftungsdrehfenster.

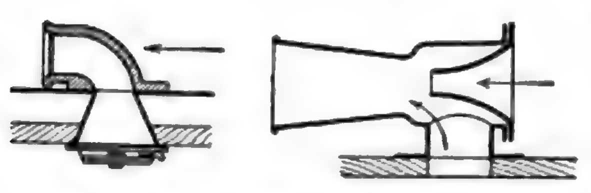


Abb. 58 und 59. Sauger für eine Fahrtrichtung.

b) Die künstliche Lüftung.

Die künstliche Lüftung kann in folgender Weise zur Ausführung gelangen:

α) durch Absaugen der verbrauchten Luft;

β) durch Zuführen frischer Luft;

γ) durch Zuführen frischer und gleichzeitiges Entfernen verbrauchter Luft.

α) Einrichtungen für das Absaugen der Luft.

Vorrichtungen zum Absaugen der verbrauchten Luft aus den Eisenbahnwagen sind bei allen Verwaltungen in Anwendung. In der Regel wird der Luftwechsel durch die saugende und pressende Kraft der Außenluft hervorgerufen, die auf die in Fahrt befindliche Innenluft durch geeignete Einrichtungen ausgeübt wird.

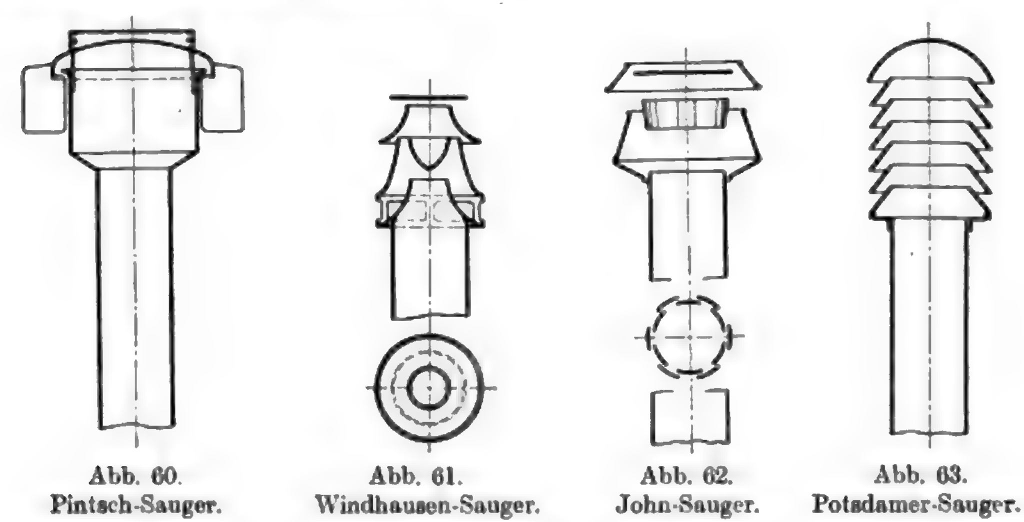


Abb. 60. Pintsch-Sauger. Abb. 61. Windhausen-Sauger. Abb. 62. John-Sauger. Abb. 63. Potsdamer-Sauger.

Am einfachsten wirken um eine senkrechte Achse drehbare Fenster, die, nach außen gelegt, eine Ablenkung des Luftstromes vom Wagen und daher eine saugende Wirkung ausüben (Abb. 57).

In Amerika auch an den Seitenwänden in Gebrauch[1]), werden sie bei uns seltener und dann meistens im Lüftungsaufbau verwendet. Die Einstellung, besonders bei Änderung der Fahrtrichtung, ist unbequem und muß gewöhnlich durch das Zugspersonal erfolgen.

Auch Jalousien mit um senkrechte Achsen drehbaren Glasstäben sind in Anwendung.

[1]) Organ Fortschr. des Eisenbahnwesens 1905, S. 328.

Digitized by Google

Einfache Rohrkrümmer und Sauger nach Abb. 58 oder 59 zeigen bei einer Fahrtrichtung eine günstige Wirkung; bei entgegengesetzter Fahrt werden sie durch Regen, Staub und Ruß verschmutzt und lassen, wenn

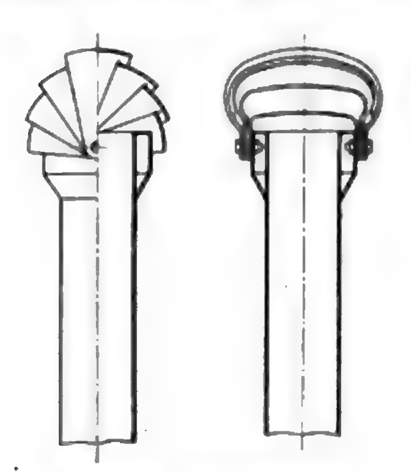


Abb. 64. Grove-Sauger.

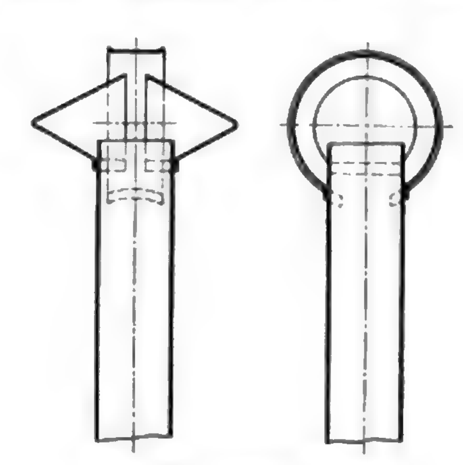


Abb. 65. Torpedo-Sauger.

die Schieber nicht rechtzeitig geschlossen werden, auch Quaim in den Wagen dringen.

Für einen guten Sauger ist jedoch Bedingung, daß weder Regen noch sonstige Unreinlichkeiten bei etwaigen Wirbeln in den Wagen gelangen, und daß Staub und schlechte Luft aus dem Wageninnern in kürzester Zeit abgesaugt werden. Außerdem ist notwendig, daß die Köpfe der Sauger, durch deren Vergrößerung man häufig eine bessere Wirkung erzielen könnte, nicht über die Umgrenzung der Fahrzeuge hinausragen.

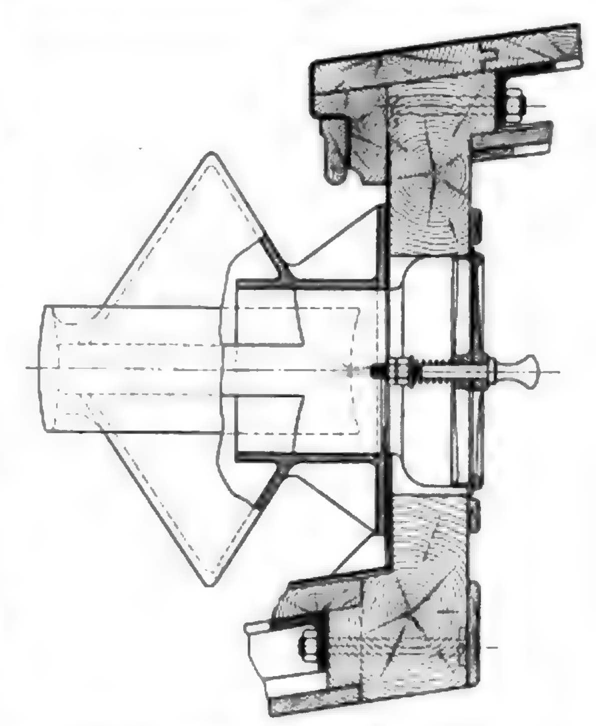


Abb. 66. Anordnung des Torpedo-Saugers.

In den Abb. 60 bis 65 sind die gebräuchlichsten Sauger zur Darstellung gebracht.[1])

Wenig gute Ergebnisse sind mit den Pintsch- und Windhausen-Saugern zu verzeichnen. Recht gute und annähernd gleiche Wirkungen werden von den übrigen Saugern erzielt. Bei den preußischen Staatsbahnen ist der Potsdamer und der Grove-Sauger, in südlichereren Ländern der Torpeuo-Sauger am häufigsten in Anwendung.

Beim Grove- und Torpedo-Sauger ist die Saugwirkung auf der Breitseite der auf der Langseite bedeutend überlegen. Sie wird gewöhnlich in

[1]) Gesundheits-Ingenieur 1906, Nr. 29.

der Weise geprüft, daß während der Fahrt die Geschwindigkeit des austretenden Luftstromes mittels Anemometer gemessen und die Zeit festgestellt wird, die der Sauger zum Entfernen einer bestimmten Pulverrauchmenge aus dem sonst geschlossenen Abteil gebraucht. Grove- und Torpedo-Sauger sind also stets quer zur Fahrtrichtung zu stellen. Abb. 66 zeigt die Anordnung des Torpedo-Saugers bei orientalischen Eisenbahnen.

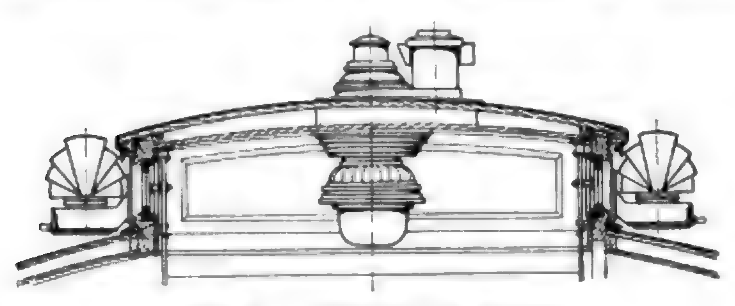


Abb. 67. Anordnung der Sauger.

Selbsttätig dem Luftstrom sich anpassende drehbare Absauger verlieren infolge der starken Verschmutzung schnell die Drehbarkeit, werden auch durch Schnee und Eis ungangbar und erfordern eine sorgfältige Unterhaltung. Sie sind daher wenig in Anwendung.

Von den Reisenden der Fahrtrichtung entsprechend einzustellende Vorrichtungen bewähren sich ebenfalls wenig, weil sie, nicht richtig gestellt, ihren Zweck nicht erfüllen, dagegen Qualm, Staub und Regen ins Abteil dringen lassen.

Die Anordnung des Saugers in der Mitte des gewölbten Daches ist am zweckmäßigsten, weil die warme verbrauchte Luft nach oben strömt. Diese Stelle ist aber der vorgeschriebenen Umgrenzung der Fahrzeuge gewöhnlich so nahe, daß hier die Anordnung eines wirksamen Saugers nicht mehr möglich ist. Wie Abb. 67 darstellt, werden deshalb die Sauger häufig am mittleren Deckenaufbau vor den Lüftungsschiebern angebracht und diese selbst zur Regelung der abziehenden Luftmenge benützt.

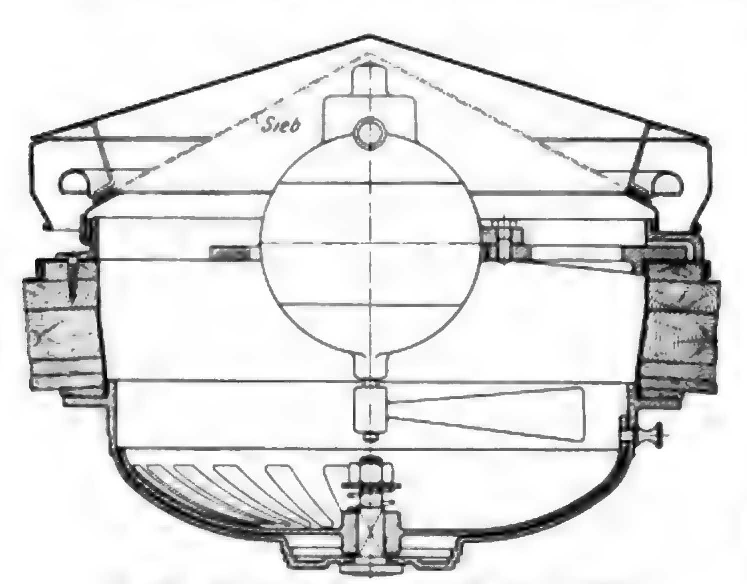


Abb. 68. Elektrisch betriebener Deckenventilator.

Als Material für die Sauger hat sich Gußeisen am besten bewährt. Aus verbleitem oder verzinntem Eisenblech hergestellte Einrichtungen zeigen in der Regel eine geringere Lebensdauer und daher höhere Unterhaltungskosten.

Auch durch mechanische Einrichtungen kann eine Entlüftung der Wagen bewirkt werden. Abb. 68 zeigt eine für die orientalischen Eisen-

Digitized by Google

bahnen ausgeführte Einrichtung mit elektrisch betriebenem Deckenventilator.

β) Einrichtungen für das Zuführen der Luft.

Die Zuführung frischer Luft kann durch drehbare oder Doppelauffangtrichter der verschiedensten Formen geschehen. Die Schwierigkeit liegt nur darin, reine Luft zu erhalten. Am reinsten ist die Luft vor der Lokomotive; es ist aber kaum möglich, für einen langen Zug das Zuführungsrohr genügend weit zu gestalten, und aus Rücksicht auf den Betrieb nicht angängig, noch mehr Kupplungen zu verwenden. Da die Lokomotive und sämtliche Wagen solche Ausrüstungen erhalten müßten, werden die Kosten außerordentlich hoch und stehen in keinem Vergleich zu dem Nutzen. Auch müßten noch besondere Einrichtungen zum Abhalten von Schnee und Eis getroffen werden.

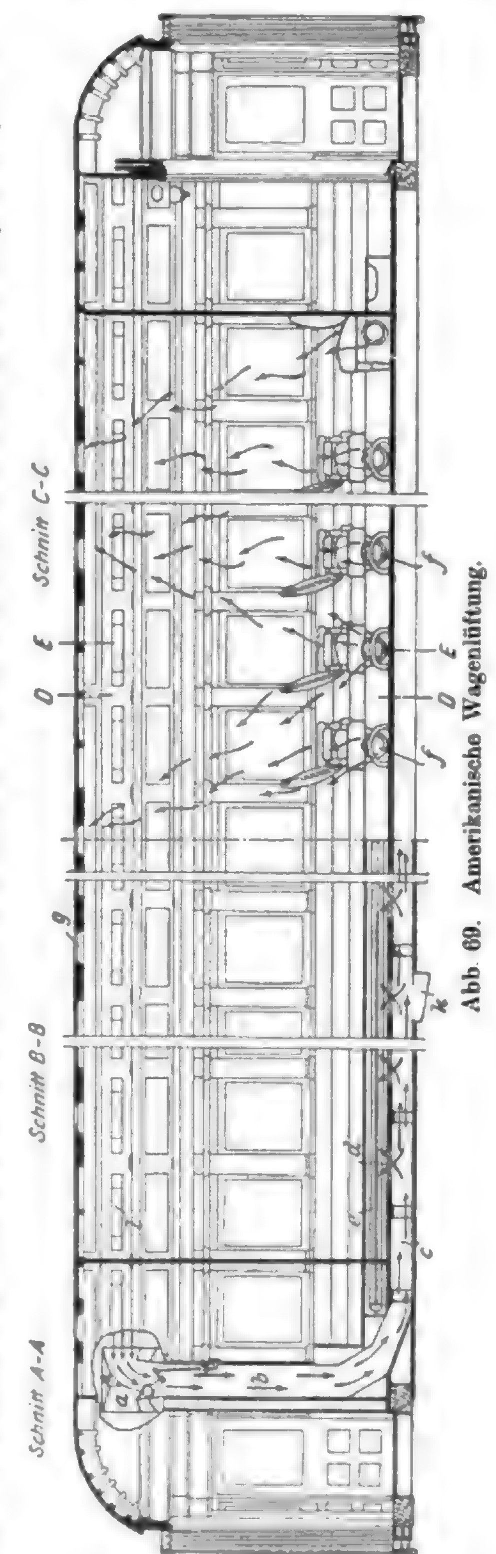


Abb. 69. Amerikanische Wagenlüftung.

Man ist deshalb auf die Entnahme der Luft aus der Umgebung des Wagens angewiesen. Unter dem Wagen ist die Luft mit Staub gesättigt und auch nicht keimfrei (Aborttrichter); über dem Wagen ist sie mit Rauch und Löscheteilchen angefüllt und an den Stirnwänden treten bedeutende Staubwirbelungen auf, wie die starken Verschmutzungen zeigen. Am besten ist die Luft in Fensterhöhe an den Seitenwänden. Die Anordnung von Auffangtrichtern ist hier aber nicht immer angängig, weil sie in die Umgrenzungslinie der Fahrzeuge hineinragen. Jedenfalls wäre auch hier eine Reinigung der Luft notwendig. Vorgelegte Siebe, Watteschichten, Schwämme u. dgl. haben sich nicht bewährt, weil sie durch Staub, Ruß und Schnee schnell verstopft werden und bedeutende Unterhaltungskosten erfordern.

Infolgedessen begnügt man sich im allgemeinen mit der Zuführung von frischer Luft durch Fenster und Lüftungsschieber. Zum Abhalten des Staubes sind hier doppelte Fenstervorhänge, Roll- und Schiebevor-

hänge, versenkbare Rahmen mit Holzjalousien oder Stoffbespannung, auch seidene Luftfilter in Verbindung mit kleinen Schiebefenstern in Anwendung. Sie werden jedoch verhältnismäßig wenig benützt, da sie gegen Staub nicht genügend schützen und gegen Qualm fast vollständig unwirksam sind.

γ) Einrichtungen für das Absaugen und Zuführen der Luft.

Die beste Lüftung wird durch eine geregelte Zufuhr guter Luft von angenehmem Wärmegrade und durch gleichzeitiges Entfernen verbrauchter Luft unter Vermeidung von Zugluft erreicht.

Da die warme verbrauchte Luft nach oben zieht, wird sie an der höchsten Stelle abgesaugt und im Gegensatz dazu die vorgewärmte frische Luft im unteren Teile des Wagens zugeführt werden müßen. Das Absaugen der Luft kann durch die schon erwähnten Sauger in genügendem Maße geschehen. Schwieriger ist das Zuführen der Luft durch am Boden liegende

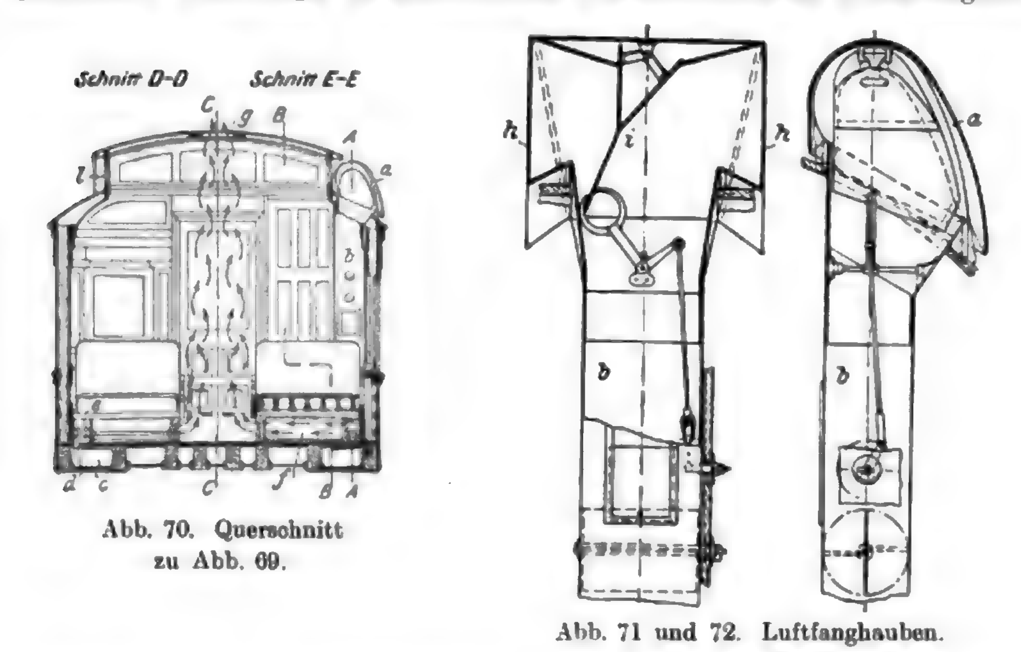


Abb. 70. Querschnitt zu Abb. 69.

Abb. 71 und 72. Luftfanghauben.

Kanäle, in denen dann gewöhnlich auch die zur Erwärmung dienenden Heizkörper liegen.

Die Pennsylvania Railroad Co. und andere amerikanische Eisenbahn-Gesellschaften haben die in Abb. 69 und 70 dargestellte Einrichtung bei über 1000 Wagen getroffen, die einen guten Kreislauf der Luft im Wagen sichern soll.[1])

Die Luft wird in den an den Stirnwänden gegeneinander versetzt liegenden beiden Hauben *a* Abb. 71 und 72 aufgefangen und unterhalb des Wagenbodens in einen Kanal *c* geleitet, von wo sie durch Schlitzöffnungen zu den Heizkörpern und von da, diese umspülend, unter den Bänken nach dem Mittelgang geführt wird.

Es sollen bei einer etwa 15fachen Lufterneuerung in der Stunde sehr gute Ergebnisse erzielt worden sein.

Immerhin dürfte sich nicht vermeiden lassen, daß Staub und Lokomotivgase in die Kanäle eindringen, sich auf den Heizkörpern sammeln

[1]) Engineering v. 24. Sept. 1904.

Digitized by Google

und üblen Geruch verbreiten. Auch erscheint eine Regelung der hier sehr wirksam anzulegenden Heizung schwierig, da bei verstärkter Lüftung infolge größerer Fahrgeschwindigkeit die Heizung vermehrt werden muß und umgekehrt bei Stillstand der Wagen leicht eine Überhitzung der Wagen eintritt, wenn nicht eine ganz sorgsame Wartung vorhanden ist.

Bei den in Europa eingebürgerten Abteilwagen bzw. auch Einzelabteilen in Durchgangswagen hat eine derart ausgeführte Lüftung aber noch ihre besonderen Nachteile, die bei den in Amerika üblichen, aus einem Raum bestehenden Wagen ohne Trennungswände nicht so in Erscheinung treten.

Das Aufsteigen kühler unter den Sitzen hervorkommender Luft, die bei den amerikanischen Wagen nach dem Mittelgang geleitet wird, wird in Einzelabteilen von den Reisenden unangenehm empfunden und durch das Öffnen eines Fensters gestört. Die Anordnung der Zuführungskanäle ist bei Abteilwagen ausgeschlossen, bei Durchgangswagen nur mit hohen Kosten ausführbar.

Eine Anzahl weiterer, meist nicht ausgeführter Entwürfe ähnlicher Art sind im Organ für Fortschr. des Eisenbahnwesens 1905, S. 328 ff. veröffentlicht.

Ist bei mäßiger Außenwärme auch eine Zuführung frischer Luft genügend, so sind bei großer Sonnenhitze doch noch andere Maßregeln notwendig, um einen angenehmen Aufenthalt im Eisenbahnwagen zu erzielen. Die Räume werden deshalb gegen die strahlende Sonnenwärme durch doppelte Dächer, Wände und Fußböden, die in den Zwischenräumen mit Wärmeschutzmitteln gefüllt sind, geschützt. Recht wirksam hat sich auch ein weißer glatter Ölfarbenanstrich der Dächer gezeigt. Für Salon-, Luxus- und Krankentransportwagen sind auch wohl besondere Sonnendecken und Wasserspritzvorrichtungen in Gebrauch. Ferner werden mit Eis gefüllte Behälter bis zur Abfahrt in die Abteile gestellt. Zweckmäßig ist in jedem Falle eine gute Lüftung auf den Zugbildungstationen und die Aufstellung der Wagen in Schuppen, die sie vor allzugroßer Erwärmung während der Ruhezeit schützen.

Besondere Luftkühlanlagen während der Fahrt sind nur in vereinzelten Fällen, so z. B. bei einem Salonwagen der Bayerischen Staatsbahnen von der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G. zur Ausführung gelangt. Hier wird mit Hilfe des zur Beleuchtung schon vorhandenen elektrischen Stromes eine künstliche Lüftung und Luftkühlung vorgenommen.

Die Anordnung gestattet, unabhängig vom Wetter, von der Außenluft und der Bewegung des Wagens unter gleichzeitiger reichlicher Lufterneuerung eine Temperaturerniedrigung im Innern des Wagens dauernd zu halten. Ein kleiner Elektroventilator saugt von außen Frischluft an. Diese wird in einem besonderen Raume, der Staubkammer, nach Möglichkeit gereinigt, an Eisbehältern gekühlt und durch Kanäle in die einzelnen Abteile geleitet, wo sie in schlitzförmigen Öffnungen, die durch Klappen regelbar sind, in die Innenräume austreten kann.

Die Luftentnahme geschieht, um sie möglichst bakterienfrei zu erhalten, an einer Stelle, die dem freien Sonnenlichte und dem Luftzuge gut zugänglich, der direkten Ablagerung von Staub und Ruß jedoch nicht ausgesetzt ist, durch ein Seitenfenster, das dem Zweck angepaßt wurde (Abb. 73).

Eine feste Jalousie hält Regen und Schnee, sowie die größeren Lebewesen (Vögel) ab, während ein feinmaschiges Drahtsieb kleine Tiere, Rußflocken, Sandteilchen, Blätter usw. am Eindringen in das Wageninnere hindert. Wird die Anlage nicht benützt, so läßt sich diese Luftentnahmestelle durch eine Klappe dicht abschließen.

Nachdem die Luft diese grobe Reinigung durchgemacht hat, befindet sie sich bereits im Inneren des Wagens, und zwar in einem geschlossenen Raum, der zum Ablagern des feinen Staubes Gelegenheit gibt.

Von hier wird sie durch Eiskasten gesaugt, die so konstruiert sind, daß eine direkte Berührung mit dem Eise nicht stattfindet; vielmehr streicht die Luft in verschiedenen spiralförmigen Windungen um die Eisbehälter herum, an deren Wandungen sie sich abkühlt.

Danach gelangt sie in einen Scirocco-Ventilator, durch den sie in den Hauptleitungs- und Sammelkanal und von da in die einzelnen Abzweigkanäle gepreßt wird. Der elektrische Strom wird dem Nebenschlußmotor mit 50 Volt Spannung aus der Wagenbatterie zugeführt. Die größte Leistung beträgt etwa 1100 cbm frischer Luft in der Stunde. Diese Höchstleistung kann durch Regulierwiderstände bis auf 20 v. H. vermindert werden.

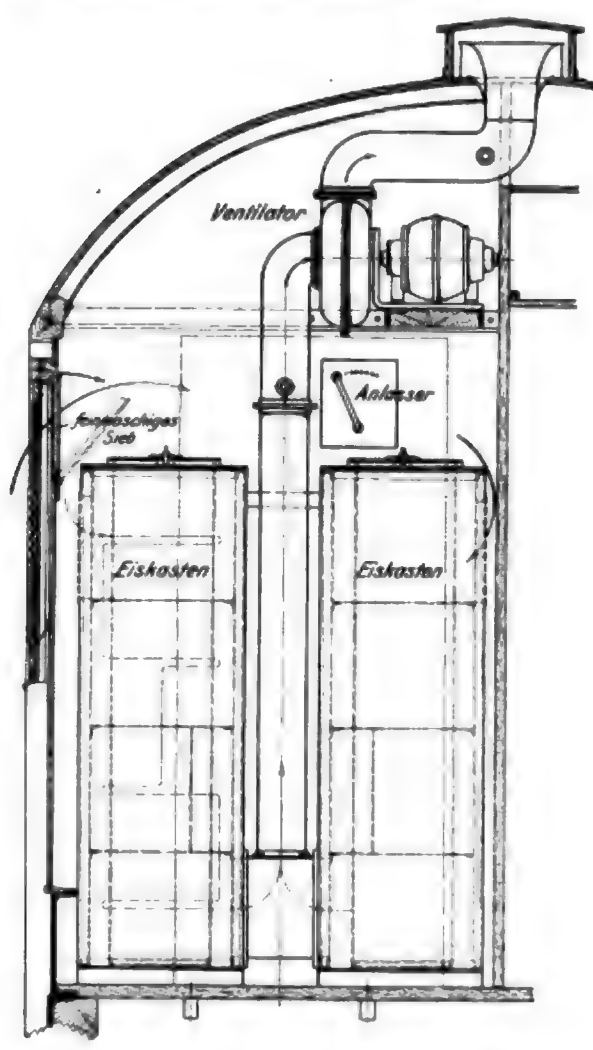


Abb. 73. Wagenluftkühlanlage.

Der Hauptkanal, der in der Mitte des Daches dem Wagen entlang gut isoliert und gedichtet ist, verteilt sich in einzelne, dem Raume entsprechende Kanäle, die ihrerseits wieder nach der Dachseite isoliert, zwischen dem Dache und dem eigentlichen Plafond eingebaut, die Verbindung mit den Austrittsöffnungen herstellen (Abb. 74).

Zur Regelung der austretenden Luft sind an den Zuführungskanälen drehbare Klappen eingebaut, die von den Reisenden selbst eingestellt werden können.

Eine gleichmäßige Verteilung der einströmenden Luft wird dadurch erreicht, daß man die gekühlte Luft nicht an einer einzigen Stelle in den Raum eintreten läßt, sondern dadurch, daß man ihr eine auf die ganze Länge des Raumes sich hinziehende schlitzförmige Austrittsöffnung gibt.

Digitized by Google

Bevor sie durch diese gelangt, hat sie Gelegenheit, sich in einem in Verhältnis zum Austrittsquerschnitt größer bemessenen Kanal zu verteilen, die Drucke etwas auszugleichen, um sich dann ziemlich gleichmäßig auf die ganze Länge verteilt mit der Innenluft zu vermengen.

Die Austrittsöffnungen liegen über den Fenstern und direkt unter der Decke etwa 2 m über dem Fußboden, weil von hier aus der unten sitzende Reisende vom kalten Luftstrom nicht berührt wird und nur die nach unten durch die Mischung und schnelle Verteilung entstehende, angenehm wirkende Luftbewegung bemerkt.

Ein großer Vorteil dieser Kühlanlage liegt darin, daß man den Wagen vor der Benützung auf eine niedrige Temperatur vorkühlen kann. Haben die Räume dann eine im Verhältnis zur Außentemperatur geringe Wärme angenommen, so werden sie diese auch während der Fahrt behalten können, wo der auftretende Luftzug den Wärmeübergang nach innen gering werden läßt.

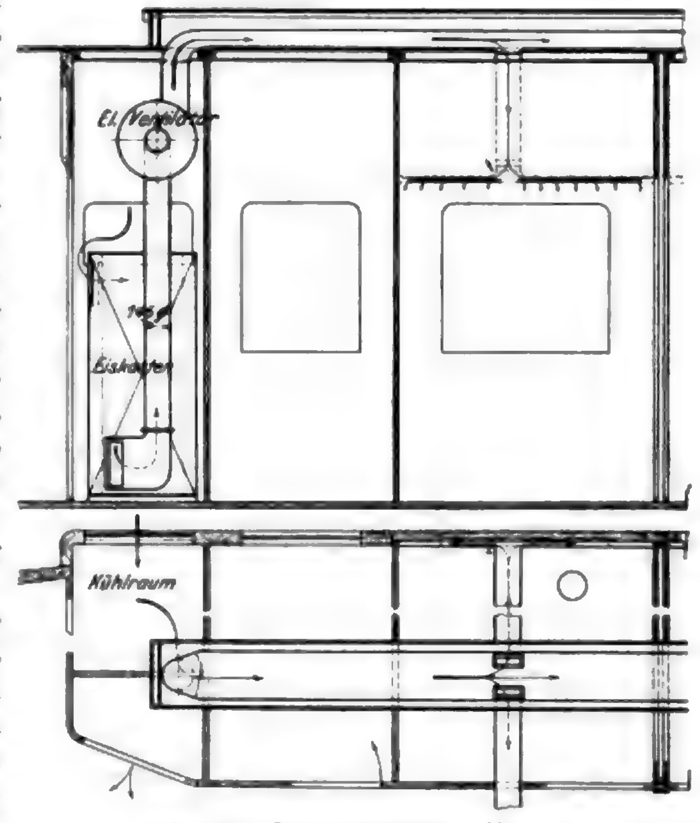


Abb. 74. Luftverteilung im Wagen.

Eine zweckmäßige Verwendung dieser Art Lüftung ergibt sich auch im Winter, wenn statt der Kühlkästen Heizschlangen in Tätigkeit treten, die ein Vorwärmen der einzuführenden Frischluft und so eine Regelung der Heizung zulassen. Eine ähnliche Anlage ist von Rathgeber in München für einen bayerischen Krankensalonwagen ausgeführt; doch wird hier nur diejenige frische Luft den Abteilen von außen zugeführt, die zur Erneuerung der Atmungsluft notwendig ist. Der übrige Teil wird den Abteilen entnommen und in gekühltem und gereinigtem Zustande wieder zurückgeführt.

Derartige Lüftungsanlagen sind teuer in Anlage und auch in der Unterhaltung kostspielig und können für eine allgemeine Einführung nicht in Frage kommen.

Es dürfte sich die Lüftung der Wagen von einheitlichen Gesichtspunkten und auch nach gleichwertigen Mustern überhaupt kaum ausführen lassen, da die erforderlichen Einrichtungen von Klima, Bettungsmaterial der Strecke, dem durchfahrenen Gelände, von der verwendeten Kohle und den Rauchverbrennungseinrichtungen und nicht zum wenigsten von den Gewohnheiten der Reisenden und den ihren Wünschen anzupassenden Wagen abhängig sind.

Digitized by Google

Sachregister.

Abgasüberhitzer 338.
Abnützung der Kuppelköpfe 502, 518.
Aborte in Personenwagen 81.
Abschnüren des Kessels 140.
Abspannung des Fahrdrahtes bei Haupteisenbahnen 399.
Abstand der Räder einer Achse 71.
Abteilwagen 54.
Abteilwagen, Vor- u. Nachteile der 57.
Abzweigdose 715.
Abzweigkasten 714.
Achsbeleuchtung, Kosten der 760.
Achsbüchsen, einteilige 71.
Achsbüchsführungen, Einbringen der 182.
Achsdruck, zulässiger 9.
Achse, gekröpfte von Webb 220.
Achsenanbruch 70.
Achsen, bewegliche (Lenkachsen) 64.
— der Personenwagen 69.
— Einbau der 200.
— feste 64.
— gekuppelte 3.
— Vorrichtung zum Anheben und Drehen der 207.
Achsenzahl der Wagen 54, 64.
Achsgabel aus Preßblech 228.
— Einstellung einer 228.
Achslager, Aufpassen der 200.
Achslagerführungen, Kontrolle der 194.
— Nacharbeiten an den 191.
— Stichmaß für die 193.
Achslagerkasten, Bearbeitung eines 217.
— Aufspannvorrichtung für die Bearbeitung von 218.
— Gesenke für einen 216.
— Herstellung der 215.
Achssätze 219.
Achswellen 219.
Ärztewagen 54.
Akkumulator 683.
— der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin 689.
Akkumulatorenbeleuchtung, reine 683.
— Kosten der reinen 757.
Akkumulatorwagen der Preußischen Staatsbahnen 451.
— vierachsiger, der Pfälzischen Eisenbahnen 455.
— vierachsiger, der Preußischen Staatsbahnen 456.
d'Alembert 544.
alla rinfusa 97.
Amperewindungsdiagramme 742.
Anfahrbeschleunigung auf elektrisch betriebenen Stadtbahnen 367.
Anfahreinrichtungen 258.
Anfahreinrichtung von Gölsdorf 257.
Anfahr- und Wechselvorrichtung der Ungar. Staatseisenbahnen 270.
Anfahrvorrichtungen 256.
Anfahrvorrichtung für Vierzylinderlokomotiven, Bauart Vauclain 272.
— Bauart Schichau 263.
— der Bayer. Staatsbahnen 265.
— der Hannov. Masch.-A.-G. 266.
— Rhode-Island-Bauanstalt 263.
— der Rogers Locomotive Works 263.
— von Borries 262.
— von Brüggemann 264.
— von Büte 264.
— von Krauss 261.
— von Lindner 259.
— von Player 263.
— von Schäfer 260.
Anfahrwiderstände 393.
Anhängeventil (Bremse) 636.
Ankerkompensation, Schematische Darstellung der 377.
Ankerwarzen (Stehkessel) 150.
Anordnung der Achsen und des Antriebs bei Motorwagen 414.
Anschriften an den Wagen 82.
Anstrich des Kessels 168.
— des Wagenkastens 233.
Antrieb der Dynamomaschine durch eine Dampfmaschine mit Lokomotivkesseldampf 704.
— der Dynamomaschine durch eine eigene Kraftmaschine 708.
— der Dynamomaschine durch eine Wagenachse 720.
— eines Daimlerschen Motorwagens 441.
— eines Weitzerschen Motorwagens 447.
Antriebmaschinen bei Motorwagen 432.
Arbeitswagen 113.
Argandlampe 648.
Armatur des Kessels 167.
Asbest-Matratzen 173.
Atlantic-Lokomotive 8.
Atlaskuppelkopf 500.
Aufpressen der Räder 222.
Aufstiege zu den Bremsersitzen 94.
Aufwalzmaschine für Heizrohre 165.
Ausbeulung der Kesselschußenden 125.
Ausgleichpuffer 73.
Ausglühen gekümpelter Bleche 119.
Ausklinkschere 226.
Auskreuzen von Öffnungen mit Preßluftwerkzeugen 144.
Auslauflänge (Bremse) 581.
Auslegerbohrmaschine 124, 249.
Auslösevorrichtung bei selbsttätigen Kuppelungen, amerikan. Anordnung 513.
— bei selbsttätigen Kupplungen, bayerische Anordnung 513.
Auspuffdampf, Temperatur des 313.
Ausrüstung der Wagen für den Übergang von der nicht

Digitized by Google

selbsttätigen zu der selbsttätigen Kuppelung 528.
Ausstoßmaschine für Bleche 250.
Ausströmungskegel, Einstellen des 197.
Auswechselung der Kuppelungen 536.
Azetylen 660, 678.
Azetylenbehälter 680.
Azetylenentwickler 664.
Azetylengasanlage 663.
Azetylengasanstalt für verdichtetes Azetylen 679.
Azetylen, Kosten für gelöstes 757.

Backenreibung 543, 547, 557.
— Beiwert der 558.
Bahngefälle 588.
Bahnkesselwagen 83.
Bahnmotor mit Wendepolen 372.
Baldwinüberhitzer 338.
Bartl 544, 548, 572.
Bassinwagen 109.
Batteriekasten der Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin 692.
— der Ostchinesischen Bahn 694.
Batterielade der Jura-Simplon-Bahn 690.
Batteriesammelwagen d. Jura-Simplon-Bahn 701.
Batterietrog der Akkum.-Fabr. A.-G. Berlin 690.
— der Ostchinesischen Bahn 694.
— von Boese & Co. 693.
Bauart der Lokomotiven 17.
— der Personenwagen 69.
Bauchluke, Annieten der 145.
Baustoff für Lokomotivkesselbleche 115.
— für Lokomotivrahmen 174.
Bauteile des Wagenuntergestelles 69.
— hölzerne, für die Wagenkasten 234.
Befestigung der Radreifen 70.
Belczak 77.
Beleuchtung der Züge mit Mineralöl 649.
— der Züge mit Ölgas 651.
— elektr., der Züge 682, 757.
— elektr., mit Elektrizitätserzeugung im Zuge 704.
— Kosten der Beleuchtung mit gesonderter Antriebsmaschine 759.
Bell 652.
Benzin bei Motorwagen 442, 450.
Benzinelektrische Motorwagen 443.
— Motorwagen, zweiachsige, v. Weitzer 444.
— Motorwagen, vierachsige, v. Weitzer 449.
Benzinverbrauch bei Motorwagen 411.
Benzinwagen, zweiachsiger, v. Daimler 418.
Benzol bei Motorwagen 442.
Bereitschaftsdistanz (Bremse) 553.
Berner 322.
Beschädigungen der Spindeln der Spindelkuppelung 507.
Beschleunigung 544, 546.
Betriebsbremsung 603, 619, 636, 638.
Betriebskosten bei Speicherwagen 463.
Betriebsmittel, Bezeichnung d. 2, 16.
Biegen der Hölzer 245.
— der Schußbleche 123.
Bierwagen 100, 102.
Birk 429.
Bissinger 589.
Blechbekleidung, das Aufbringen der 249.
Bleche, Baustoff der 174.
— Bearbeitung der 174.
— Reinigen der 249.
Blechecken, Ausziehen von 134.
Blechformen 115.
Blechkantenhobelmaschine 118.
Blechversteifungen, Anzeichnen der 143.
Blechumriß 175.
Bockwagen 109.
Bodenringe, Bearbeitung der 136.
— Befestigung der 148.
— Herstellung der 135.
— Schweißen der 135.
Bodenringnietlöcher, Bohren der 137.
Bodenring, Stehkessel und Feuerkiste, Vernieten von 157.
Bördeln der Heizrohre 166.
Bohlen für Fußboden der Güterwagen 243.
Bohren von Blechpaketen 176.
Bohrmaschine, dreifache 150.
— zum Ausbohren der Kurbelzapfenlöcher 222.
Boquillon 651.
v. Borries 255, 261, 269, 410.
Borstenviehwagen 104.
Breite der Radreifen 71.
Bremsarbeit 582.
Bremsausmaß f. durchgehende Bremsen 597, 601.
Bremsbedürfnis 575, 585, 588.
Bremsbeschleunigungsventil 606.
Bremseinrichtungen für Güterzüge 92.
Bremse, einheitliche, für Güterzüge 93.
— nicht selbsttätige 609.
— selbsttätige 609.
Bremsen 541, 542.
— durchgehende 567.
Bremserhütten 94.
Bremsersitze 94.
Bremsformel, theoretische 594.
Bremsgewicht 572, 575, 592.
Bremshandgriff der selbsttätigen Luftsauge-Schnellbremse 631.
Bremsklötze mit Stahlspänezusatz 567.
Bremskraft 582.
Bremsprobe 619, 637, 639.
Bremsprozent 585.
Bremstabelle 585, 599.
Bremsung mit zwei Lokomotiven 605.
Bremsversuche 550.
Bremsweg 550, 554, 606.
Bremszeiten 606.
Bremszylinder, Bauart K. 633.
— Bauart W. 627.
— (Carpenter) 624.
Brennstoffersparnis bei Verbundlokomotiven 253.
Brennstoffverbrauch bei Motorwagen 411.
Bretter 239, 243.
Brotankessel 168.
Brückmann 253, 278.
Brüggemann 264.
Brutto, bremsbares 580.
— rollendes 580.
Bruttogewicht 572.
Buckeye 498.
Büte 264.
Bütesche Klappe 264.
Büttner, Dr. 759, 761.
Busse und Bruun 698.
Butterwagen 103.

de Calo 683.
Camberlain 651.
Carpenter 623.
Clench 288, 309, 337.
Cochran-Kessel 432.
Cole 255, 309, 333.

C o l v i n 269.
Coupéwagen (Abteilwagen) 54.

Dachaufbau bei Personenwagen 75.
Dachrinnen bei Wagen 77.
Dampf, Erzeugung von überhitztem 308.
Dampfausströmungsrohre 198.
Dampfdrossel- und Sicherheitsventil für die Dampfheizung der Preuß. Staatsb. 773.
Dampfdruckregler v. Gold (Heizung) 774.
Dampfeinströmungsrohre 197.
Dampfgeschwindigkeit 310.
Dampfheizung 773.
— Abschlußventil für die, (Österr. Bahnen) 779.
— Anzeigetafel für die, in D-Wagen der Preuß. Staatsb. 783.
— Drehschieber für die, Bauart Pintsch 780.
— Hochdruck- 779.
— Metallkuppelung für die 778.
— Niederdruck- 780.
— mit Wärmeaufspeicherung 788.
— Schlußhahn für die, (Preuß. Staatsbahnen) 779.
— Vereinigte Hoch- und Niederdruck- 781.
— Verteilungsschieber mit Drosselventil für die, (Preuß. Staatsbahnen) 782.
— desgl. für D-Wagen 783.
Dampfheizungsanschlußstutzen mit Mundstück 777.
Dampfheizungskuppelung, Gummischlauch für die 778.
Dampfleitungen für die Dampfheizung 776.
Dampfluftheizung, Bauart Heintz 784.
— Mischdüse für die 786.
Dampfmotorwagen, Einzelheiten 427.
— Kessel der 427.
Dampfpreßluftheizung 782.
Dampfprobe des Kessels 167.
Dampftrockenkammer von Gölsdorf 288.
Dampftrockner von Clench 288.
Dampfturbinendynamo auf der Lokomotive 706.
Dampfwagen der Lancashire und Yorkshire-Bahn 423.
— der Taff-Vale-Bahn 422.
— dreiachsiger, der Französ. Nordbahn 424.
Dampfwagen, dreiachsiger, von Komarek 417.
— Fermo-Amandola 423.
— mit Kesselheizung durch Rohpetroleum 407.
— mit Kohlenfeuerung 407.
— vierachsiger, von Borsig 420.
— vierachsiger, von Ganz & Co. 421.
— zweiachsiger, von Komarek 415.
Dampfzylinder, Bearbeitung der 209.
Dauerleistung von Heißdampf-Lokomotiven 320.
Deckenlampe (Ostchinesische Bahn) 718.
Deckenrahmenhölzer 239.
Deckenrosetten 718.
Deckenventilatoren 719, 802.
Deckenstehbolzen, Baustoff der 161.
— Eindrehen der 162.
Deckenstehbolzenlöcher, Aufreiben der 161.
— Bohren der 132.
— Sattelstück zum Bohren der 139.
— Vorzeichnen der 139.
D e m o u l i n 220.
D e n n i n g h o f f 546.
Diagonalstreben 227.
D i c k 730, 761.
Dienstgewicht bei Motorwagen 409.
D i e t r i c h 721.
Differentialbremse 565.
Domausschnitt, Anreißen des 144.
Domoberteil, Herstellung des 145.
Domuntersatz, Anbau des 143, 144.
Domunterteil, Pressen eines 120.
Doppelluftsauger der selbsttätigen Luftsauge-Schnellbremse 629.
Doppelrückschlagventil 610.
D o y e n 605.
Drehgestell bei Güterwagen 90.
— für den dreiachsigen Purrey, Dampfwagen 419.
— von Krauss-Helmholtz 201.
— Einbau der Drehgestelle 201.
Drehgestellwagen 54, 66.
Drehgestellwiege 67.
Drehschemelwagen 107.
Drehschieber mit Hilfsmotor 273.
Drehstrommotoren 375.
Dreizylinderlokomotiven 254, 272.
Drosselventil (Bremse) 636.
Druckausgleichvorrichtung bei Dampfzylindern 349.
Druckluft-Einzelschalter für Gleichstrom (Westinghouse) 393.
Druckprobe des Kessels 166.
D u l t z 270.
Durchgangswagen 54.
— Vor- und Nachteile der 57.
Durchschlagszeit (Bremse) 606.
Durchschlagsgeschwindigkeit (Bremse) 606.
Dynamoantrieb, System Dick 728.
— System Leitner-Lucas 748.
Dynamomaschine, Aufhängung der 722.
— auf der Wagenachse (Preuß. Staatsbahnen) 737.
— mit Zentrifugalregulator u. Schaltbrett 722.
— Leitner-Lucas 746.
— E. Rosenberg 741.
— H. Rosenberg 740.
— Ostchinesische Bahn 711.

E a s t m a n n 497.
E i c h b e r g 380.
Eichenholz 234.
Eigenwiderstand der Fahrzeuge 410.
Eilzug 5.
Einbau der Akkumulatoren, Boese & Co. 692.
— der Elemente, Akkumulatorenfabrik A.-G. Berlin 691.
— der Elemente, Ostchines. Bahn 693.
— der Platten 689.
Einbeulung der Kesselschußenden 124.
Einkammerbremsen 607, 623.
Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotor 379, 382.
Einrichtungen, besondere, bei Motorwagen 439.
— in Personenwagen für das leichtere Entkommen im Gefahrfalle 79.
— innere, der Personenwagen 80.
— zur Rostbeschickung bei Motorwagen 438.
Einschweißen eines Zwischenstückes im vorderen Kesselschuß 125.
Einsteigtüren 77.
Einteilung der Lokomotiven 6, 14.

Digitized by Google

Einteilung der Wagen 13.
Einzelschalter, Druckluft-, für Gleichstrom (Westinghouse) 393.
— Elektromagnetischer, der Zugsteuerung Sprague-General-Electric-Co. 385.
— Gruppe von 385, 394.
Einzelwagenbeleuchtung 721.
— mit Akkumulatoren 700.
— System Vicarino 760.
Eisenbahnkraftwagen 405.
Elektrische Eisenbahnen, Bauarten der 366.
— Verbindung der Zellen einer Wagenbatterie 458.
Elektrizitätserzeugung im Zuge 683.
Engerth 585.
Entfernung der Spurkränze 71.
Entladestromstärke bei Speichern 460.
Entladung 683.
Ergin im Motorwagenbetrieb 442.
Ersatzgewicht 572.
Erzwagen 106.
Eschenholz 245.
ET-Ausrüstung für Lokomotiven und Tender (Westinghouse) 615.
Eyermann 219.

Fahrgeschwindigkeit 7.
— auf den Interurban Railways 365.
Fahrschalter, gewöhnliche 381.
Fahrtstellung (Bremse) 619, 638, 639.
Fahrtwender der Zugsteuerung Sprague-General-Electric-Co. 386.
— der Zugsteuerung Westinghouse für Gleichstrom 394.
Fallenschloß bei Wagentüren 78.
Falltüren 98.
Faltenbälge 77.
Faure 682.
Federbock für Lenkachsen 230.
— Schmieden und Pressen eines 229.
— Setzen der Federböcke nach Lehre 230.
Federgehänge 64.
— pendelnde 65.
Federstützen 71.
Fenster bei Personenwagen 78.
Fensterdruckrahmen 245.
Fenstervorhänge 81.
Fernmanometer 351.
Fernpyrometer 351.
Ferron 548.
Feuerbeschickung bei Motorwagen 439.
Feuerbüchse, Abgraten der 147.
Feuerkiste, Abgraten der 150.
— Einbau der 156.
— Einpassen der 148.
— Herstellung der 146.
— Seitenwände und Decke der 146.
— Vernieten der, mit Bodenring und Stehkessel 157.
Feuertüre, Webbsche 120.
Fischer 240.
Fischwagen 104.
Flachschieberentlastung, Bauart Fester 487.
Flamme 316, 363.
Flammenbilder (Zugbeleuchtung) 673.
Flammrohrüberhitzer von Schmidt 329.
Fleischwagen 100, 102.
Fliegner 277, 559.
Formieren der Akkumulatorenplatten 685.
Fräsen von Blechpaketen 176.
Francesconi 585.
Frank 410, 546, 579.
Franke 544, 559.
Freight locomotives 6.
Friedrich 77.
Führerbremsventil der Knorr-Schnellbremse 620.
Führerhaus 199.
Führerschalter der Zugsteuerung Sprague-General-Electric Co. 387.
Führerstand eines Motorwagens, Ganz & Co. 430.
— eines Motorwagens, Weitzer 448.
Fülltrichter (Feuerung) 438.
Füllungen bei Personenwagenkasten 244.
— mit Fries 244.

Gabelstützen (bei offenen Güterwagen) 99.
Galton 548, 558, 602.
Garbe 279.
Gasbehälter 669.
Gasbeleuchtung, Kosten der 754.
Gasbeleuchtungseinrichtung im Wagen 672.
Gasdruckregler 670.
Gasglühlicht 672.
— Kosten des 756.
Gasheizung 768.
Gaslampe, einfache 671.
— für Wagen mit Oberlichtaufbau 671.
— mit Karburiervorrichtung 678.
Gasleitung am Wagen 672.
Gasverbrauch (Zugbeleuchtung) 662, 669.
Gaswagen 112.
Gattersäge 238.
Gayer 452.
Geflügelwagen 104.
Gegenhalterprobe bei Mittelkuppelungen M. C. B. A. 497.
Gegenkurbel der Japan. Staatsbahnen 483.
— der Preuß. Staatsb. 482, 484.
Geißfüße 99.
Geländerstützen, Einstellen der 198.
Gepäckraum im Postwagen 85.
Gepäckträger (Personenwagen) 80.
Gepäckwagen 87.
Gerdes 662.
Gerüstwagen 113.
Gesamtbeleuchtung eines Zuges mit Akkumulatoren 694.
Gesamtwiderstand 581.
Gesamtzugbeleuchtung 721.
Geschützwagen 109.
Geschwindigkeit 4.
— größte zulässige 6.
— kritische 604.
Geschwindigkeitsänderung 544.
Geschwindigkeitslinien 368.
Getreidetransportwagen 97.
Gewichtswagen 113.
Gill 721.
de Glehn 255.
Gleichstrombahnen 366.
Gleichstrommotoren 370.
— mit Nebenschlußschaltung 374.
Gleichstromreihenschlußmotor 376.
— Schaltung und Stromlauf eines 370.
— Regelungen der 381.
— für Hauptbahnbetrieb 371.
Gleitbahnen, das Anbringen der (Lokomotivbau) 195
Gleitbahnbefestigung, ältere 197.
Gleitbahnträger, das Anbringen der 196.
Glühstrumpf 673.
Gölsdorf 257, 288, 426.
Goodwinwagen 108.
Gould 499.

Digitized by Google

G r a e f 589.
G r e e n l o c k 240.
Grenzschalter 393.
— der Zugsteuerung Westinghouse für Gleichstrom 394.
G r i m m e 408.
Großoberflächenakkumulator 704.
Grundgewicht 570, 592.
Güterlokomotiven 5, 18, 36.
Güterwagen 5.
— gedeckte (bedeckte) 89, 94, 227.
— gewöhnliche 89.
— mit festen Achsen 90.
— mit Lenkachsen 90.
— offene 89, 98.
— Spezial- (Sonder-) 89, 100.
G u t e r m u t h 322.

H a b e r k o r n 474.
Halbzylindermuffen (Bremse) 630.
Handbremsen 567.
H a r d y 629.
Hardy-Bremse 625.
Hartgußräder 93.
Heißdampflokomotive, Entwickelung der 284.
— Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der 359.
— Besondere Vorschriften für die Behandlung der 351.
— Eigenschaften der 305.
— Dauerleistung von 320.
— Versuchsfahrten mit 358 ff.
Heißwasserheizung, System Gold 792.
Heizkesselwagen 113, 775.
— Effekt der Zugbeheizung mit 774.
Heizkörper, Anordnung bei Franz. Nebenbahnen 793.
— der Heberlein-Gesellschaft 789.
— elektrischer (Amerikan. Bahnen) 791.
— — (A. E. G.) 790.
— — (Siemens-Schuckertwerke) 790.
— mit Chlorkalziumfüllung (P.-L.-M.-Bahn) 788.
Heizkörperschaltung in elektrisch betriebenen Wagen 791.
Heizkörper von Gold 794.
Heizrohre, Aufwalzmaschine für 165.
— Bördeln der 166.
— Herstellung und Einbau der 163.
Heizrohre, Werkzeug zum Aufwalzen der 163.
Heizfläche für Heizung der Personenwagen 763.
Heiztürloch, Webbsches 120.
Heizung, Betriebsregeln für die 120.
— Dampf- 773.
— der Güterwagen 794.
— der Personenwagen 763.
— der Züge 795.
— elektrische, der Wagen 789.
— Gas- 768.
— Luft- 766.
— mit Ofen 768.
— mit Preßkohle 764.
— mit Wärmflaschen 764.
— Warmwasser- 768.
Heizungseinrichtungen für Zisternenwagen 796.
H e l l e r 429.
H e l m h o l t z 203.
H e n r y 608.
Heusingersteuerung, amerikan. 465.
— Garbesche 466.
— italienische 466.
Hilfsbremswagen 113.
Hilfsluftsauger (Bremse) 630.
H i r z e l 652.
Hochdruckdampfheizung 779.
Hölzer, gebogene 244.
Hohlstichel von Greenlee 240.
H o l d e n 426.
Holz, Bearbeitung des 238.
— Behandlung des, bis zur Verarbeitung 234.
— Fällung des 234.
Holzkohlenwagen 105.
Holz, Trocknung des 235.
Hornviehwagen 104.
H u g h e s 120.

Ineinanderfahren der Wagenkasten 523.
Interkommunikationswagen 54.
Invertbeleuchtung 673.
Invertlampe, System Farkas 674.
— System Pintsch 674.

J a n n e y 495, 497.
Janney-Kuppelung 498.
J e d l i c k a 510.

Kalkwagen 105.
Kanonenwagen 109.
Kantenbearbeitung (Kesselblech) 117.
Kasten der Personenwagen 75.
— der Güterwagen 94.
Kastengerippe, Zusammenbau des 246.
Kerzenbeleuchtung 646, 753.
— Kosten der 753.
Kerzenbrennstunde 753.
Kerzenhalter 646.
Kessel der Great Western-Bahn 434.
— der Lancashire und Yorkshire-Bahn 434.
— der Purrey-Wagen 432.
— der Taff Vale-Bahn 434.
— nach de Dion-Bouton 429.
— von Cochran 432.
— von Kittel 433.
— von Komarek 433.
— von Stoltz 431.
— Abschnüren des 140.
— Einpassen des, in das Rahmengestell 187.
Kesselanker 157.
Kesselanordnung f. d. Dampfheizung elektrisch betriebener Wagen 776.
Kesselanstrich 168.
Kesselbekleidung 199.
Kesselbleche, Formen der 115.
Kesselmaul, das Bohren der Naht am 140.
Kesselmaulnaht, Abgraten der 143.
Kesselmittellinie, Anreißen der, an den Seitenwänden 142.
Kesselscheitellinie, Anreißen der 141.
Kesselschuß, Ausrichten der Kesselschüsse 131.
— Verbinden des ersten mit dem zweiten 129.
Kesselspeisevorrichtungen bei Motorwagen 436.
Kesselversteifungen, der Einbau der 143.
Kesselwagen 83, 109.
Kiefernholz 235.
Kippstockwagen 107.
Klapptüren 99.
Klauenformen, Änderungen an den, der M. C. B. A. (Mittelkuppelung) 504.
Klauenmuffen (Bremse) 630.
Kleinbahnen, Lokomotiven für 18, 50.
Kleinkessel für Motorwagen 428.
K l i n g e l 558.
K l i n g e r 585.
Klotzdruck 547, 562, 565, 566, 568.
K n o b l a u c h und J a k o b 307.

Knorr-Schnellbremse 618.
Köhler 652.
Körting-Bremse 640.
Kohlefadenlampe 762.
Kohlenersparnis bei Heißdampflokomotiven 315, 354.
Kohlenwagen 101.
Kolben 212.
— für Heißdampflokomotiven 341.
Kolbenring, aufgeschnittener 212.
Kohlenschieber 343, 487.
— Bauart Fester, der Sächs. Staatsbahnen 489.
— Bauart Vauclain, der Dänischen Staatsbahnen 490.
— der Ungar. Staatseisenbahnen 489.
— mit federnden Ringen 488.
— mit geschlitzten Ringen 347.
— mit geschlossenen Ringen 344.
— ohne federnde Ringe 488.
Kolbenstange 212.
Kolbenstangenstopfbüchsen 342.
Komarekwagen 415.
Kompensationsspule 377.
Kopfträger (Wagenbau) 226.
Kosten des elektrischen Stromes 450.
Kraftbedarf bei Triebwagen 409.
Kraftfahrzeug 4.
Kranbohrmaschine 124.
Krankenwagen 54.
Kranwagen 113.
Kranzlampe 647.
Krauss 261.
Krauss-Helmholtzsche Drehgestell, Nachstellvorrichtung für das 205.
Kreuzkopf 212.
Krupp 500, 508.
Küchenwagen 54.
Kühlanlage in Wagen 806.
Kühlwagen 100, 103.
Kümpeln der Bleche 119.
Künzel 235.
Kürzmaschine 243.
Kuhn 275.
Kuppelkopf, Abnützung der Kuppelköpfe 502, 518.
— Buckeye- 498.
— Tower- 500.
— Trojan- 499.
— von Eastman 498.
— von Gould 499.
— von Janney 498.
— von Krupp 500.
Kuppelstangen 213.
— Bearbeitung der 214.
Kuppelung, link and pin 493
— Janney- 495.
— eines Wagens mit Kuppelkopf M. C. B. A. mit einem Haken- u. Kettenwagen 504.
— Erste bayerische Übergangs- 508.
— Vorteile der selbsttätigen Kuppelung 526, 531.
Kuppelungen, Auswechselung der 529.
— Länge der 73.
Kuppelungsbügel 73.
Kuppelungseingriffslinie, amerikanische und Kruppsche 518.
Kuppelungsteile 73.
Kuppelungsvorrichtung f. Personenwagen von Janney 501.
Kurbelzapfenlöcher, Bohrmaschine zum Ausbohren der 222.
Kurswagen 86.

Laden (Bremse) 618, 637, 639.
Ladegewicht der Wagen 91.
Ladestationen (für Speicherwagen) 460, 703.
Ladung (elektr. Beleuchtung) 683.
Länge der Wagen 67, 91.
Lamme 378.
Lampe mit Glühstrumpf 673.
— tragbare (für Wagen) 720.
— von Lafaurie & Potel 649.
Langdon 721.
Langholzwagen 107.
Langkesselbohrmaschine 130.
Langkessel, das Vernieten des 143.
— das Vernieten des, mit dem Stehkessel 151.
— das Vernieten der Rohrwand mit dem 152
— das Zusammenpassen von Lang- und Stehkessel 140.
Langkesselschüsse 122.
Langlochbohrmaschine 240.
Langschwelle, Bearbeitung einer 240.
Laschen, Vorreißen der (Kesselbau) 123.
Laternenstützen 77.
Latour 380.
Lattenfenster 79.
Laufbretter 77.
Laufwerk der Wagen 64.
Laycock 520.
Lehre zur Feststellung der Abnützung bei der M. C. B. A.-Kuppelung 495.
— zur Feststellung der Verwindung bei der M. C. B. A.-Kuppelung 496.
Leichenwagen 100.
Leistungsfähigkeit, Erhöhung der, bei Heißdampflokomotiven 317, 357.
Leitzmann 6, 253, 410.
Lenkachsen 64.
— freie 65.
— gekuppelte 65.
Lenkachswagen 54, 229.
Lentz 467.
Lepenow 651.
Leselampe (Wagen) 720.
Leuchtluken 163.
Lewis 721.
Lindner 259.
link and pin-Kuppelung 493.
Linsendichtungen 166.
Lipkowski-Bremse 623.
v. Littrow 438.
Lochner 253, 548, 589.
Löbbecke 721.
Lösen der Bremse 620, 638, 639.
Lokalbahnwagen 54.
Lokomotivbestand 1.
Lokomotive, leichte, der Bayer. Staatsbahnen 426, 427.
— leichte, der Österr. Staatsbahnen 428.
— leichte, der London und South Western-Bahn 425.
— Niederlassen der, auf die Achsen 205.
Lokomotivklassen 13.
Lokomotivmotor von Eichberg und Winter 380.
Lokomotivluftsauger (Bremse) 630.
Lokomotiven, Anzahl der 2.
— Betriebsformen der 17.
— Bezeichnung der 14.
— Einteilung der 6, 18.
Lorenz 548.
Lüftung der Eisenbahnwagen 797.
— künstliche 800.
— natürliche 798.
Lüftungsdrehfenster 800.
Lüftungsklappe 799.
Lüftungsklappfenster 799.
Lüftungsschieber 799.
Luft, Einrichtungen für das Zuführen frischer Luft 803.
— Einrichtungen für das Absaugen und Zuführen der Luft 804.

Digitized by Google

Luftdruckbremse 600.
Lufterneuerungsbedarf in bewohnten Räumen 798.
Luftfanghauben 804.
Luftheizung 765, 766.
Luftkühlanlagen 805.
Luftpumpe, elektrisch angetriebene, für Hauptbahnzüge 402.
Luftsaugebremse 600.
— nicht selbsttätige, Bauart Hardy 625.
Luftsaugeschnellbremse, selbsttätige, Bauart Hardy-Clayton 625.
— Anordnung der 626.
Luftsauger für eine Fahrtrichtung 800.
Luftverteilung im Wagen 807.
Luftwiderstand 579.
Lukenlöcher, Bohren der 137, 153.
Lukenwarzen, Herrichten der 150.
Luxuswagen 69.

Maschine von de Dion-Bouton 436.
— von Maffei 437.
— von Stoltz 436.
Maschinenbedienung, einmännige 408.
M a s e n b a c h 761.
M. C. B. A., Änderungen an den Klauenformen der (Kuppelung) 504.
— Beschädigungen an den Klauen der (Kuppelung) 505.
— Umrißlinie der (Kuppelung) 495.
Mehrzylinderlokomotiven, Vor- und Nachteile der 324.
Metallfadenglühlampen 762.
M e y e r 443, 548.
Milchwagen 103.
Militärmannschaftswagen 97.
Mineralölbeleuchtung (Wagen) 649.
Mischgas 660.
— Anlagen für das Ansaugen und Pressen des Mischgases 666.
— Kosten des 755.
— -Helligkeitstabelle 662.
Mittelachsen, verschiebbare 65.
Mittelkuppelung 74.
Mittelpufferkuppelung 493.
Motoren, Unterhaltung der (Motorwagenbetrieb) 463.
Motorregelung, Wirkungsweise der 381.
Motorwagen 404.
— benzinelektrische 443.
— mit elektrischen Speicherbatterien 450.
— mit Verbrennungsmaschinen und mechanischer Kraftübertragung 440.
— Literatur über 463.

Nebenbahnlokomotiven 12, 18, 48.
Nebenbahnwagen 54.
N e g r e l l i 585.
New York Air Brake 623.
Niederdruckdampfheizung 781.
Niederschlagsverluste in den Dampfzylindern 321.
Nietlöcher, Bohren der 148.
— Herstellung der 121.
N o l t e i n 526.
Normalbremse für Schnell- und Personenzüge 628.
Notbremse 81.
Notbremsung 603, 622, 638, 639.
Notbremsventil 638.
Notkuppelung 74.
Notsignal 81.
N o t k i n e 309.
Nußbaumholz 236.
Nutenschneiden 241.

Oberlichtaufbau, Lampe für Wagen mit 671.
Oberlichtrahmenhölzer 239.
O e h m e 589.
Ölbeleuchtung (für Wagen) 646.
— Kosten der 753.
Ölgasanlage 655.
— für das Ansaugen und Pressen des Ölgases 666.
Ölgasbeleuchtung (für Wagen) 651.
Ölgaserzeugung (Peeples-Prozeß) 652.
Ölgas, Kosten für reines 755.
O e s t e r r e i c h 721.
Ofen für Bahnpostwagen 767.
— für Wagen IV. Klasse 766.
Ofenheizung 765.
Operationswagen 54.
Orenstein & Koppel, Steuerung von 469.

Pacific-Lokomotive 8, 14.
Passenger-locomotives 6.
Paste-Akkumulatoren 685.
Peeples-Ölgas-Prozeß 682.
Personenlokomotiven 5, 18, 20.
Personenwagen 5, 54.
— Bauart der 67, 69.
— für Fernverkehr 87.
— für Nahverkehr 87.
— mit sechs Achsen 69.
Personenwagenkasten 243.
— Zusammenbau eines 246.
Personenzugsbremse 637.
P e t e r s e n 384.
Petroleumbeleuchtung (Wagen) 649.
— Kosten der 754.
Petroleumlampen (in Wagen) 650.
Petroleumverbrauch bei Motorwagen 411.
Petroleumwagen (Kesselwagen) 110.
Petrolmotor der Gasmotorenfabrik Cöln-Deutz 710.
P e t r o s s i 546, 585.
Pferdetransportwagen 97, 103.
P i e l o c k 289, 309, 335.
P i n t s c h 645, 651, 656.
P i p p a r t 548.
P i t k i n 268.
P l a n t é 684.
Planté-Type 686.
Platte (Akkum.) d. Akkum.-Fabr. A.-G. Wien 687.
— (Akkum.) d. Akkum.-Fabr. A.-G. Berlin-Hagen 688.
— (Akkum.) der Electrical Power Storage Co. 688.
— (Akkum.) d. Electrical Storage Battery Co. 688.
— (Akkum.) von Boese & Co. 687.
— (Akkum.) von Gottfr. Hagen 688.
— (Akkum.) von Huber 687.
— (Akkum.) von Laurent-Cély 688.
— (Akkum.) von Oerlikon 687.
— (Akkum.) und Zubehör von H. Leitner 689.
Platten, der Einbau der 689.
Plattenkessel von Stoltz 431.
P l a y e r 263.
Pleuelstangen 213.
P. L. M.-Bremse 611.
Postambulancewagen 83.
Postwagen 83.
— Bureauraum in den 85.
— Gepäckraum in den 85.
— Postpaketraum in den 85.
— Postraum in den 85.
Postwagenlampe, verstellbare 719.
P r a s c h 757.

Google

Pressen eines Domunterteils 120.
Preßrahmen (bei Wagen) 79.
Privatkesselwagen 83.
Probefahrten, Fahrgeschwindigkeit bei 7.
Profileisen, Bearbeitung der 224.
Puffer, Abstand der 72.
— Ausgleich- 73.
— Durchmesser der 72.
— Höhenlage der 72.
— Vorsprung der, über die Zughaken 72.
Pufferkorb, Herstellung eines 231.
Purrey-Dampfwagen 419.
Purrey-Kessel 432.
Putzklappen (bei Wagenfenstern) 80.
Pyrometer 351.

Querschwellen (Wagenbau) 239.
Querversteifungen des Rahmens (Lokomotivbau) 184.

Raddruck 91.
Radreifen 219.
Radreifenbefestigung 70.
Radreifenbreite 71.
Radreifenschrumpfmaß 223.
Radreifenstärke 71.
Radscheiben (Radkörper) 221.
Radstand bei neuen Wagen 66.
— fester 64.
Rahmenbearbeitung 180.
Rahmenbleche, Ausrichten der 186.
Rahmenbohrmaschine, mehrfache 177.
Rahmengestell, der Zusammenbau der Bleche zum 182.
Rahmenstoßmaschine, mehrfache 181.
Rahmenstoß- und -fräsmaschine 178.
R a n a f i e r 293.
Rauchkammer, Herstellung u. Anbau der 152.
Rauchkammerüberhitzer von Schmidt 329.
Rauchröhrenüberhitzer 329.
— von Cole 333.
— von Schmidt 329.
— von Vaughan-Horsey 332.
Rauchrohrführung durch die Wagendecke 768.
Regler, selbsttätiger, System Leitner-Lucas (elektr. Zugbeleuchtung) 749.
Reglervorrichtung, System Aichele (elektr. Zugbeleuchtung) 730.
Regulierbremsung 603, 636, 638.
Regulierventil (Bremse) 608.
Reibung, gleitende 544.
— rollende 544.
Reibungsgewicht 9.
Reibungslokomotiven 4.
Reihenschlußmotoren im Bahnbetrieb 367, 378.
R e i n h a r d t 213.
Reisegeschwindigkeit 5.
Repulsionsmotor 380, 382.
R e s a l 584.
Reservoirwagen 109.
Rettungswagen 113.
R i c h a r d 120, 165.
Richten der Kesselbleche 116.
R i c h t e r 378.
R i e d i n g e r 651.
R i e t s c h e l 798.
R i p p e r 312.
R o e n t g e n 278.
Rohöltransportwagen 111.
Rohrdichtmaschine 171.
Rohrwand, Bearbeitung der vorderen 126.
— Einziehen der 128.
— Herstellung einer 146.
— mit Winkelring 129.
— Vernieten der, mit dem Langkessel 152.
Rohrwandflanschen, Zurichten von 126.
Rohrwandlöcher, Bohren der 127.
Rollgeschwindigkeit 588.
Rollgrenze 548.
Rollring (Bremse) 634.
R o s e n b e r g, Dr. E. 739.
— H. 740.
Rostbeschickung von Maffei 439.
Rückhaltventil (Bremse) 608.
Rückschlagventil für die Anfahrvorrichtung der Hannov. Masch.-A.-G. 267.
Rückschnellbremsung 637.
R ü h l 293.
R ü p p e l l 548.
Rungen 99.
R u p p e r t 585.

S a g u e 268.
Salonwagen 54.
S a m u e l 278.
Sammelwagen 701.
Sammlerzelle 683.
Sandstrahlgebläse 249.
S á r m e z e y 446.
Saturator (Dampfheizung) 784.
Sattelstück zum Bohren der Löcher für die Deckenstehbolzen 139.
Sauger, Anordnung der 802.
— für eine Fahrtrichtung 800.
— Grove- 801.
— John- 800.
— Pintsch- 800.
— Potsdamer- 800.
— Torpedo- 801.
— Windhausen- 800.
S c h ä f e r 260.
Schalengußräder 93.
Schaltbrett am Gepäckwagen (Ostchinesische Bahn) 712.
— in Wagen der Preußischen Staatsbahnen 707.
Schaltung der Postwagen (Deutsche Reichspost) 702.
— der Wagenabteile (Ostchinesische Bahn) 714.
— einer Ladestation 703.
— der elektromagnetischen Zugsteuerung der Siemens-Schuckertwerke 391.
— der Siemens-Schuckertwerke für einphasigen Wechselstrom 392.
— System Aichele 733.
— System Dick 733.
— System der Preuß. Staatsbahnen 738.
— System Graetz-Rosenberg 740.
— System Vicarino 725.
Schaltungsdarstellungen, System Stone 724.
Schaltungsplan der Zugsteuerung Sprague-General-Electric-Co. 389.
— der Zugsteuerung Westinghouse für Gleichstrom 395.
— der Zugsteuerung Westinghouse für einphasigen Wechselstrom 397.
Schaltungsschema für die Beleuchtung eines Zuges 744.
— für Einzelwagenbeleuchtung 744.
— System Leitner-Lucas 745.
— System Verity-Dalziel 752.
Schaltvorrichtungen 403.
— Unterhaltung der 463.
Scheitellinie, Anreißen der Kessel- 141.
Schellen im Langkessel 157.
Schergitter (bei Personenwagen) 76.
Schieber, Einbau der 206.
Schieberstangenführung für kleine Lokomotiven 485.

Digitized by Google

Schieberstangenführung für Heißdampflokomotiven der Preuß. Staatsbahnen 488.
Schiebetüre bei Güterwagen 96.
Schiene, dritte, und Schleifschuh der Stadtbahn in Philadelphia 398.
Schienenreibung 543, 547, 578.
Schienentransportwagen 109.
Schlafwagen 54.
Schlagprobe bei Mittelkuppelungen M. C. B. A. 496.
Schleifer 623.
Schleifer-Bremse 623.
Schlepptender, Lokomotiven mit 12.
Schlußventil (Carpenterbremse) 624.
— (Selbsttätige Luftsauge-Schnellbremse) 636.
Schmalspurbahnen, Lokomotiven für 13, 18, 50.
Schmid 588.
Schmidt 279, 309, 329.
Schmierpressen 350.
Schmierung der Heißdampflokomotiven 349.
Schnellauflade-Akkumulator 704.
Schnellbahnbremse, Anordnung der 611.
Schnellbahnbremsung 603.
Schnellbremse von Knorr, Anordnung der 616.
Schnellbremsübertragungsventil 606.
Schnellbremsung 621, 637, 638, 639.
Schnellbremsventil, Bauart AT 634.
— Bauart K 635.
Schnellentlader 105.
Schnellumlauf-Warmwasserheizung 772.
Schnellzug 5.
Schornstein, Anbau des 197.
Schrumpfmaß 223.
Schuhmann 652.
Schußbleche 122.
— Biegen der 123.
Schutzleisten an Wagentüren 78.
Schutzvorrichtungen in Personenwagen 76, 78, 79.
Schweißung von Kesselblechen 125.
Schwergewichtswagen 109.
Schwinge, einseitig gelagerte, für Vierzylinderlokomotiven der Pfalzbahn 484.
— für Heißdampflokomotiven der Preuß. Staatsbahnen 484.
Schwinge für Vierzylinderlokomotiven der Österr. Staatsbahnen 485.
Scirocco-Ventilator 806.
Seemann 313.
Seitenlukenlöcher, Bohren der 143.
Seitenrungen 99.
Seitenstehbolzen, Aufreiben der 157.
Seitenwandversteifungen des Stehkessels 150.
Sekundärelement 683.
Selbstentlader 105.
Serienbezeichnung bei Wagen 83.
Serve-Rippenrohre 164.
Servo-moteur 273.
Short 383.
Sicherheitskuppelung 73, 74.
Siederohre, Bördeln der 166.
— Herstellung und Einbau der 163.
— Prüfung der 164.
— Werkzeug zum Aufwalzen der 165.
Siederohrüberhitzer 335.
Signaleinrichtung bei Motorwagen 440.
Signallaternstützen 94.
Signalleinösen 77.
Sitze der Personenwagen 80.
Slucki 309.
Spannketten 99.
Speicher, Kapazität der 459.
— Unterhaltung der 462.
Speicherbatterie, Elektrische, Verbindung der Zellen einer Wagenspeicherbatterie 691.
— Aufladen einer 699.
Speicherbatterien, Anordnung der, bei Motorwagen 454, 457.
Speichermotorwagen der Pfälzischen Eisenbahn 435.
Speicherwagen, Betriebskosten der 463.
Speisepumpe für Komarekwagen 438.
Speisewagen 54.
Sperrhölzer (Wagenbau) 243.
Spezialgüterwagen 100.
Spiritus für Motorwagenbetrieb 442, 450.
Spiritustransportwagen 111.
Sprague 383.
Stadtbahnlokomotiven 12, 18, 46.
Stamm, Zerlegen eines Stammes 238.
Stangenlager, Baustoff der 215.
— Bearbeitung der 205.
Steckkuppelung für das Steuerkabel der Zugsteuerung Sprague General-Electric Co. 390.
Stehbolzen, Baustoff der 158.
— Bearbeitung der 158.
— kegelförmiges Gewinde der 157.
— Maschine zur Herstellung der 159.
Stehbolzenbohrbank 159.
Stehbolzenbohrungen, Maschine zur Herstellung der 159.
Stehbolzenköpfe, Stauchen der 160.
Stehbolzenlöcher, Bohren der 148.
Stehkessel, die Verbindung des, mit dem Langkessel 140.
— die Verbindung des, mit der Stiefelknechtplatte 146.
— Vernieten des, mit Bodenring und Feuerkiste 157.
— Vernieten von Lang- und 151.
Stehkesselbohrmaschine 149.
Stehkesseldecke, Herstellung der 132.
Stehkesselmantel, Herstellung des 132.
— engl. Bauart 132.
— Verbindung des, mit dem Bodenring 137.
Stehkesselrückwand 120.
— Einbau der 163.
Stehkesselseitenwand, Herstellung der 132.
Stehkesselrück- und Seitenwandversteifung 153.
Stehkesselträger, Anbringung der 150.
Steinkohlengas 676.
— Kosten für karburiertes 754.
Stellhahn für Zwilling- und Verbundwirkung bei Motorwagen 436.
Stemmaschine 214.
Stemmkantenfräsmaschine 119, 134.
Steuerung, amerik. Heusinger- 465.
— Bauart Allfree-Hubbel 479.
— Bauart Borries 474.
— Bauart Durant-Lencauchez 478.
— Bauart de Glehn 470.
— Bauart Kuhn 275.
— Bauart Lentz 467, 480.
— Bauart Marshall 476.
— Bauart Nadal 475.
— Bauart Orenstein & Koppel 466.

d by Google

Steuerung, Bauart Young 477.
— der Franz. Staatsbahn 475.
— der Österr. Staatsbahnen 473.
— der Paris-Orléans-Bahn 470.
— der P.-L.-M.-Bahn 470.
— der Preuß. Staatsbahn. 474.
— der Ungar. Staatseisenbahn. 473.
— italien. Heusinger- 466.
— Einregelung der 208.
— Einstellen der 205.
Steuerungen der Verbundlokomotiven 274.
Steuerventil der Knorr-Schnellbremse 621.
— der Schnellbahnbremse der Bayer. Staatsbahnen 612.
— der Westinghouse-Gesellschaft für Güterzüge, Bauart K 614.
Stiefelknechtplatte 134, 138, 140, 146.
Stirngeländer 78.
Stirnseite der Wagen, freier Raum an der 72.
S t o c k e r t 219, 255.
S t o n e 721.
Stoßvorrichtungen 71.
Strangwagen 443.
Straßenbahnwagen, elektr. 404.
S t r e c k e r 684.
Stromabnehmer 398.
— Oerlikon 402.
— für Hochleitungen, Brown, Boveri & Co. 400.
— Umkehr-, für Hochleitungen, Siemens-Schuckertwerke 401.
Stromkosten 450.
Stromzuführung, oberirdische 367.
Stützen für die Wagenlaternen 77.
Switcher 11.

Talbotwagen 108.
Talbotflachbodenentlader 108.
Tambourdeckenlampe 718.
Tarierwagen 113.
Teertransportwagen 111.
T e l l k a m p f 585.
T h o m p s o n 651.
T h o m s o n Elihu 384.
Tischfräsmaschine 241.
Topfwagen 109.
Torpedosauger 801.
Tower-Kuppelkopf 500.
Trägheitsmoment, polares 546.
Tragfähigkeit der Wagen 91.
Tragfedern 93.
Trichterwagen 105.
Triebwagen 4.
— mit Stromzuführung von außen 404.
Triebwagenmaschine von Maffei 437.
Triebwerk, Einbau des 200.
Trockenkammern 235, 241.
Trocknung, künstliche, des Holzes 234, 243.
Trojan-Kuppelkopf 499.
Tropfbecher für die Knorr-Schnellbremse 621.
Tropfbleche (bei Wagen) 77.
T r o s k e 20.
Türsäule, Vorreißen einer 242.
Türverschlüsse 78.
Türvorleger (bei Güterwagen) 97.
Türwand, Kümpeln der (Lokomotivbau) 134.
— Webbsche 146.

Übergang von der nicht selbsttätigen zu der selbsttätigen Kuppelung 507, 527, 538.
— von der nicht selbsttätigen zu der selbsttätigen Luftsaugebremse 629.
Übergangsbrücken (bei Wagen) 76.
Übergangsketten, Bayerische, f. die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung 533.
— Bayerische, für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 534.
Übergangskuppelung, Badische, für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 536.
— Badische, für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung 515.
— Bayerische, für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 519.
— Bayerische, für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung 514.
— der Eisenbahndirektion Saarbrücken für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 523.
— der Moskau-Kasan-Bahn für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 522.
— der Österr. Südbahn für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 521.
— der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 537.
Übergangskuppelung der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn für die Tieflage der selbsttätigen Kuppelung 516.
— erste Bayerische 508.
— mit Schwenkkopf von Fr. Krupp 511.
— mit teilbarem Schwenkkopf für beide Kuppelungen in Zughakenhöhe 517.
— für preuß. Personenwagen 524.
— für russische Personenwagen 525.
— von Grimme und Weddigen 509.
— von Jedlicka 511.
— von Laycock 520.
Übergangzustand bei der Auswechselung der Kuppelungen 535.
Überhänge der Wagen 67, 91.
Überhitzer von Clench 337.
— von Pielock 289, 335.
— von Ranafier 292.
— von Schmidt 288.
Überhitzerfläche, Größe der 307.
Überhitzung des Hochdruckdampfes 317.
— des Verbinderdampfes 323.
— mäßige 317.
Überlappungsnähte, das Abgraten der 140.
Übertragungsventil (Bremse) 613.
Umgrenzung des lichten Raumes 76.
Umgrenzungslinien für Wagen 76.
Umkehr-Stromabnehmer für Hochleitungen 401.
Umriß, Auftragen des Umrisses der Lokomotivrahmen 174.
Umsteckkuppelung des Österr. Eisenbahnministeriums 510.
Umsteuerung, Bauart Lentz 468.
— Bauart Kuhn 275.
Unfälle beim Wagenkuppeln auf amerikanischen Eisenbahnen 502.
Untergestell, Herstellung des 224.
— Zusammensetzung des 227.
Untergestellgerippe bei Güterwagen 93.
— bei Personenwagen 69.
Unterhaltungskosten der Kuppelungen 506.

Digitized by Google

Vauclain 255.
Vaughan 285, 309, 332, 362.
Ventilerhebungskurven (Steuerung) 482.
Ventilsteuerung, Bauart Lentz 480.
Verbindungsmuffe, elektrische (Dänische Staatsbahnen) 699.
Verbindungsstücke des Wagenuntergestells 227.
Verbundlokomotive, erste, von Mallet 278.
Verbundlokomotiven, Entwicklung der 284.
— mit Heißdampfeinrichtung 285.
— mit mehr als 2 Zylindern 253.
— Nachteile der 324.
— Steuerungen der 274.
Verbundwirkung bei Lokomotiven 251.
Verderber 553, 559.
Verhältniszahlen für Lokomotivkonstruktionen 19.
Verschublokomotiven 11, 18, 44.
Versteifungswinkel, Anrichten der 151.
Verstemmen der Nähte und Nietköpfe 155.
— Werkzeuge zum 155.
Versuchsbetrieb mit selbsttätiger Kuppelung 538.
Verwundetenwagen 54.
Verzögerung 544, 554.
Vicarino 723.
Viehwagen 104.
Vielfachaufhängung 399.
Vierzylinderlokomotiven 254.
Vollbremsung 557, 603.
Volumen, spezifisches, des Dampfes 306.
Vorschaltwiderstand für die Einzelschalter der Zugsteuerung Sprague-General-Electric-Co. 386.
Vorortbahnen, Lokomotiven für 12, 18, 46.
Vorräte an Wasser und Kohle 11, 12, 411.
Vorreißen der Kesselbleche 116, 117.
— der Laschen 123.
Vorspann (Bremse) 622, 638.

Wärme, mittlere spezifische, des Dampfes 307.
Wärmeleitfähigkeit, schlechte, des Heißdampfes 308.
Wärmewert des Dampfes 306.
Wagen, Abteil- 54.
— Ärzte- 54.
— Arbeits- 113.
— Benzin- 111.
— Bier- 102.
— Bock- 109.
— Bord- 98.
— Borstenvieh- 104.
— Butter- 103.
— Coupé- 54.
— Dienst- 86.
— Drehgestell- 54.
— Drehschemel- 109.
— Durchgangs- 54, 57.
— Erz- 106.
— Fisch- 105.
— Fleisch- 100, 102.
— Gas- 112.
— Geflügel- 105.
— Gepäck- 86.
— Gerüst- 113.
— Geschütz- 109.
— Getreide- 97.
— Gewichts- 113.
— Goodwin- 108.
— Heizkessel- 113.
— Hilfsbrems- 113.
— Holzkohlen- 106.
— Interkommunikations- 54.
— Kalk- 105.
— Kanonen- 109.
— Kessel- 109.
— Kohlen- 101, 107.
— Komarek- 415.
— Kondukteur- 86.
— Kran- 113.
— Kranken- 54.
— Küchen- 54.
— Kühl- 100, 103, 806.
— Lenkachs- 54.
— Lokalbahn- 54, 63.
— Milch- 103.
— Militärmannschafts- 97.
— Nebenbahn- 54.
— Operations- 54.
— Packmeister- 86.
— Petroleum- 110.
— Pferde- 103.
— Plattform- 100.
— Post- 83.
— Postambulance- 83.
— Reservoir- 109.
— Rettungs- 113.
— Salon- 54.
— Sammel- 701.
— Schaffner- 86.
— Schienentransport- 109.
— Schlaf- 54.
— Schotter- 113.
— Schwergewichts- 109.
— Speise- 54.
Wagen, Spiritus- 111.
— Stadtbahn- 63.
— Teer- 111.
— Trichter- 105.
— Verwundeten- 54.
— Vieh- 104.
— Wasser- 113.
— Zellen- 54.
— Zisternen- 109.
— Ausrüstung der, für den Übergang von der nicht selbsttätigen zu der selbsttätigen Kuppelung 528.
— benzinelektrische 410.
— Einrichtung der, für Gasbeleuchtung 669.
— gasolinelektrische 410.
— Länge der 67, 91.
— mit gemeinsamer Kraftleitung für Zug- u. Stoßkräfte 503.
— schmalspuriger, Bauart de Dion-Bouton 416.
— steifachsige 54.
— Überhängen der 67.
Wagenfenster 78.
Wagengewicht 83, 91, 409.
Wagenkasten 75.
— für einen Personenwagen 243.
— Herstellung der hölzernen Bauteile für die 234.
— Zusammenbau eines Güterwagenkastens 232.
Wagenklassen 13.
Wagenkuppel, elektrische, der Dänischen Staatsbahnen 698.
— elektrische, der Ostchinesischen Bahn 716.
Wagenkuppeln, Unfälle beim, auf den amerikanischen Eisenbahnen 502.
Wagenkupplerstützen 73.
Wagenlängsträger 225.
Wagenlüftung, amerik. 803.
Wagenluftkühlanlage 806.
Wagenmotoren, Berechnung u. Entwurf der 367.
Wagennumerierung 83.
Wagennummern 83.
Wagenquerträger 227.
Wagenschaltbrett 716.
Wagenschaltung mit Zusatzstelle (elektrische Beleuchtung) 701.
Wagentüren, innere 78.
Walschaert-Steuerung 465.
Wandlampe (für Wagen) 718.
Warmluftheizung für Biertransportwagen 795.
Warmwasserheizung 768.

Digitized by Google

Warmwasserheizung der Preußischen Staatsbahnen 770.
— in französischen Wagen 770.
— Schnellumlauf- 772.
— von Gold 769.
Waschgelegenheit in Personenwagen 81.
Wasserersparnis bei Heißdampflokomotiven 315, 354.
Wasserrohre (Brotankessel) 173.
Wasserrohrfeuerbüchse, Bauart Brotan 168.
Wasserverbrauch bei Motorwagen 411.
Wasserwagen 113.
W e b b 146, 254, 279.
Webbsche Feuertüre 120.
— gekröpfte Achse 220.
W e d d i g e n 408.
Wechseldrehschieber der Französischen Ostbahn (Verbundlokomotiven) 272.
Wechselhahn der Hauptwerkstätte Grunewald (Verbundlokomotiven) 270.
Wechselschieber der Brünigbahn 272.
— der Elsässischen Maschinenfabrik Grafenstaden 273.
Wechselstrombahnen 366.
Wechselstrommotoren 375.
Wechselstrom-Reihenschluß-Stromwender-Motor 376.
Wechselvorrichtungen (bei Verbundlokomotiven) 256.
— mit Dampfsteuerung 268.
— mit Handsteuerung 269.
— Vor- und Nachteile der 266.
— von Borries 269.
— von Colvin 269.
— von Dultz 270.
W e n g e r 623.
Werkzeuge zum Einwalzen, Aufwalzen und Abschneiden der Wasserrohre 173.
— zum Verstemmen der Blechkanten 155.
— zum Verstemmen der Nietköpfe 156.
Westinghouse-Doppelbremse 611.
— -Henry-Bremse, Anordnung auf der Lokomotive 608.
— -Henry-Bremse, Anordnung auf einem Wagen 609.
— -Schnellbremse 607.
W i c h e r t 554, 557, 602.
Widerstand der Bewegung 679.
Winkelrahmen 185.
W i n t e r 380.
Wirkungsgrad des Dampfes in den Zylindern 311.
— des Heißdampfkessels 310.
W ö h l e r 548.

Y o u n g 477, 652.

Z e h m e 383.
Zellenwagen 54.
Zellenzahl (bei Speichern) 459.
Zerlegen eines Stammes (Wagenbau) 238.
Z i f f e r 462.
Zisternenwagen 109.
Zollverschluß bei Güterwagen 97.
Zündvorrichtung für den Petrolmotor 711.
Zugbeleuchtung 644.
— elektrische 682.
— mit Gas 651.
— mit Mineralölen 649.
— System Aichele 731.
— System Dick 728.
— System Leitner-Lucas 745.
— System Stone 721.
— System Verity-Dalziel 751.
— System Vicarino 723.
Zughaken, Herstellung eines 232.
Zughakenführungen 228.
Zughakenhöhe 508.
Zugkraft 4.
Zugprobe bei Mittelkuppelungen M. C. B. A. 497.
Zugschaltung (elektrische Beleuchtung) der Dänischen Staatsbahnen 697.
Zugschaltung der Preußischen Staatsbahnen 706.
Zugsteuerungen, elektrische 381.
Zugsteuerung, elektromagnetische, von Elihu Thomson 384.
— mit elektromagnetischen Schaltern 384.
— von Sprague 383.
— Einbau der Z. der Sprague-General-Electric-Co. 388.
— der Siemens-Schuckert-werke 388.
— für Lokomotivzüge 396.
— für Triebwagenzüge 396.
— mit Druckluftschaltern 390.
Zugstreben (Wagenbau) 226.
Zug- und Stoßkräfte, Übertragung der, im Zuge 494.
— und Stoßkräfte, Wagen mit gemeinsamer Kraftleitung für 503.
Zug- und Stoßvorrichtungen, zentrale 72.
Zugvorrichtungen 71.
Zugvorrichtung, durchgehende 74.
— nicht durchgehende 74.
— Verstärkung der 74.
Zugwiderstand 410, 579.
Zusatzbremse 612.
Zweikammerbremsen 607, 623.
Zwischenüberhitzer der Österr. Staatsbahnen 291.
— der Oldenburg. Staatsbahn. 293.
— der Sächsischen Staatsbahn. 293.
Zwischenüberhitzung 322.
Zylinder, das Anbringen der 191.
— das Einspannen der 211.
— für Heißdampflokomotiven 340.
Zylindersattelstück, Vorreißen des 190.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Handbuch der elektrischen Beleuchtung. Bearbeitet von Jos. Herzog und Cl. Feldmann. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 707 Textfiguren.
In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

Grundzüge der Beleuchtungstechnik. Von Dr.-Ing. L. Bloch, Ingenieur der Berliner Elektrizitätswerke. Mit 41 Textfiguren.
Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 5,—.

Konstruktionen und Schaltungen aus dem Gebiete der elektrischen Bahnen. Gesammelt und bearbeitet von O. S. Bragstad, a. o. Professor an der Großherzoglichen Technischen Hochschule Fridericiana in Karlsruhe. 31 Tafeln mit erläuterndem Text. In einer Mappe Preis M. 6,—.

Die Werkzeugmaschinen. Von Hermann Fischer, Geh. Regierungsrat und Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu Hannover. Erster Band: Die Metallbearbeitungsmaschinen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1545 Textfiguren und 50 lithogr. Tafeln. In zwei Leinwandbände gebunden Preis M. 45,—. Zweiter Band: Die Holzbearbeitungsmaschinen. Mit 421 Textfiguren.
In Leinwand gebunden Preis M. 15,—.

Die Werkzeugmaschinen und ihre Konstruktionselemente. Ein Lehrbuch zur Einführung in den Werkzeugmaschinenbau. Von Fr. W. Hülle, Ingenieur, Oberlehrer an der Kgl. höheren Maschinenbauschule in Stettin. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 590 Textfiguren und 2 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Über Dreharbeit und Werkzeugstähle. Autorisierte deutsche Ausgabe der Schrift: „On the art of cutting metals" von Fred. W. Taylor, Philadelphia. Von A. Wallichs, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen. Mit 119 Textfiguren und Tabellen. In Leinwand gebunden Preis M. 14,—.

Die Schleifmaschine in der Metallbearbeitung. Von H. Darbyshire. Autorisierte deutsche Bearbeitung von G. L. S. Kronfeld. Mit 77 Textfiguren.
In Leinwand geb. Preis M. 6,—.

Moderne Arbeitsmethoden im Maschinenbau. Von John T. Usher. Autorisierte deutsche Bearbeitung von A. Elfes, Ingenieur. Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 315 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

Selbstkostenberechnung für Maschinenfabriken. Im Auftrage des Vereines Deutscher Maschinenbau-Anstalten bearbeitet von J. Bruinier. Preis M. 1,—.

Fabrikorganisation, Fabrikbuchführung und Selbstkostenberechnung der Firma Ludw. Loewe & Co., Actiengesellschaft, Berlin. Mit Genehmigung der Direktion zusammengestellt und erläutert von J. Lilienthal. Mit einem Vorwort von Professor Dr.-Ing. G. Schlesinger, Berlin. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Der Fabrikbetrieb. Praktische Anleitung zur Anlage und Verwaltung von Maschinenfabriken und ähnlichen Betrieben sowie zur Kalkulation und Lohnverrechnung. Von Albert Ballewski. Zweite, verbesserte Auflage.
Preis M. 5,—; in Leinwand gebunden M. 6,—.

Werkstättenbuchführung für moderne Fabrikbetriebe. Von Dipl.-Ing. C. M. Lewin.
In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Ermittelung der billigsten Betriebskraft für Fabriken unter Berücksichtigung der Heizungskosten sowie der Abdampfverwertung. Von Karl Urbahn, Ingenieur. Mit 23 Textfiguren und 26 Tabellen. Preis M. 2,40.

Die Abfassung der Patentunterlagen und ihr Einfluß auf den Schutzumfang. Ein Handbuch für Nachsucher und Inhaber deutscher Reichspatente. Von Dr. Heinrich Teudt, Ständiger Mitarbeiter im Kaiserlichen Patentamt. Mit zahlreichen Beispielen und Auszügen aus den einschlägigen Entscheidungen.
Preis M. 3,60; in Leinwand geb. M. 4,40.

Werkstattstechnik. Zeitschrift für Anlage und Betrieb von Fabriken und für Herstellungsverfahren. Herausgegeben von Dr.-Ing. G. Schlesinger, Professor an der Technischen Hochschule Berlin. Monatlich ein Heft von 48—64 Seiten Quart.
Preis des Jahrgangs M. 15,—.

Seit Januar 1908 erscheint:

Armierter Beton. Monatsschrift für Theorie und Praxis des gesamten Betonbaues. In Verbindung mit Fachleuten herausgegeben von E. Probst. Monatlich erscheint ein Heft von 24—32 Seiten. Preis des Jahrgangs M. 10,—.

Den Inhalt dieser neuen Monatsschrift bilden: Rundschauartige Berichte über wichtige Versuche, über neue Ergebnisse der Theorie, über amtliche Vorschriften, Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen, Originalberichte über interessante Ausführungen aus der Praxis des In- und Auslandes. In gedrängter, übersichtlicher Form soll alles, was zum weiteren Ausbau der neuen Bauweise beitragen kann, zur Kenntnis der Fachgenossen gebracht werden.

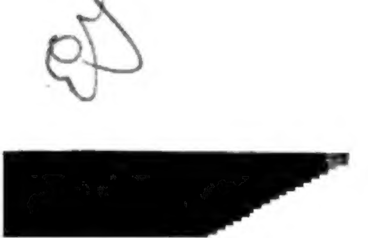
Zeitschrift für Kleinbahnen. Herausgegeben im Ministerium der öffentlichen Arbeiten. Zugleich Organ des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen. Monatlich ein Heft von etwa 100 Seiten mit Abbildungen, Karten usw.
Preis des Jahrgangs von 12 Heften M. 15,—.

Die „Zeitschrift für Kleinbahnen" gibt allseitige Auskunft über den Stand der Kleinbahnunternehmungen, deren Begründung, Finanzierung, Einrichtungen, Betrieb und das für sie geltende Recht. Sie wird fortlaufende Übersichten über die Genehmigungen und die Unternehmer von Kleinbahnen, ihre finanzielle Grundlage, die Bahnlinie, Bau und Betriebsart, Konstruktionen von allgemeinerem Interesse, wichtige richterliche und sonstige Entscheidungen usw. veröffentlichen, auch Betriebsergebnisse von Kleinbahnunternehmungen mitteilen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CHICAGO
103 543 113

Digitized by Google